Industrie Canada Industry Canada

Forintek Canada Corp.

> CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE

>> Bois de sciage et produits à valeur ajoutée

RAPPORT SPÉCIAL

Canada

Forintek
Canada
Corp.

CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE

BOIS DE SCIAGE
ET PRODUITS À VALEUR AJOUTÉE

FORINTEK CANADA CORP.

Mai 2001

Données de catalogage avant publication de la Bibliothèque nationale du Canada

Vedette principale au titre :

Bois de sciage et produits à valeur ajoutée : rapport spécial

(Carte routière technologique, ISSN 0706-8468)
Publ. aussi en anglais sous le titre : Lumber and value-added wood products.
ISBN 0-86488-534-2

1. Bois–Commerce–Innovations–Canada. 2. Bois–Commerce–Canada.
3. Produits forestiers–Industrie–Innovations–Canada. 4. Produits forestiers–Industrie–Canada.
I. Forintek Canada Corp. II. Collection.

HD9764.C32L8514 2001 338.1'7498'0971 C2001-900722-1

Pour obtenir des exemplaires de la Carte routière technologique pour le Bois de sciage et les produits à valeur ajoutée, veuillez en faire la demande par télécopieur au (613) 954-6436, par courriel à publications@ic.gc.ca, ou par téléphone au 1-800-328-6189.

Vous pouvez également consulter la version électronique du document aux adresses suivantes : http://strategis.ic.gc.ca/crt ou http://www.forintek.ca.

Pour tout renseignement supplémentaire sur ce document, veuillez communiquer avec la Direction générale des industries de fabrication d'Industrie Canada au (613) 954-3053, ou avec

Forintek Canada Corp. : Siège social et Division de l'Ouest, 2665 East Mall,
Vancouver, Colombie-Britannique, Canada V6T 1W5
Tél. : (604) 224-3221, téléc. : (604) 222-5690, courriel : info@van.forintek.ca

Division de l'Est, 319, rue Franquet, Sainte-Foy, Québec, Canada G1P 4R4
Tél. : (418) 659-2647, téléc. : (418) 659-2922, courriel : info@qc.forintek.ca

Also available in English under the title : Lumber and Value-Added Wood Products, Technology Roadmap Series

© 2001, Forintek Canada Corp.
Tous droits réservés.

Mai 2001

IMPRIMÉ AU CANADA
sur papier recyclé

REMERCIEMENTS

De nombreuses personnes ont participé à la préparation de ce rapport et Forintek Canada Corp., en tant que maître d'œuvre du projet, désire les remercier de leur appui, notamment les membres du Comité directeur, dont les conseils et les suggestions ont été des plus utiles.

Forintek Canada Corp.

Chargé de projet : Yves Lévesque, directeur, Fabrication du bois de sciage, Division de l'Est

Spécialistes en ingénierie du bois
Jean Cook, directrice, Systèmes de construction, Division de l'Ouest
Erol Karacabeyli, directeur, Ingénierie du bois, Division de l'Ouest
Louis Poliquin, directeur, Systèmes de construction et Ingénierie du bois, Division de l'Est
Richard Desjardins
Lin Hu
Conroy Lum
Jim Mehaffey
Les Richardson
Hisa Takeda
Yvon Tardif
Constance Thivierge

Spécialistes en fabrication du bois de sciage
Howard Gribble, directeur, Fabrication du bois de sciage, Division de l'Ouest
Pierre Bédard
Yvon Corneau
Nicol Drouin
Alain Gingras
Derek Goudie
Pierre Goulet
François Grondin
Alan Kostiuk
Benoît Laganière
François Léger
Jean McDonald
Laszlo Orbay
John Taylor

Spécialistes des marchés
Chris Gaston
Dave Fell

Spécialistes de l'évaluation de la matière première
Gilles Chauret
Ian Hartley
Ahmed Koubaa
Gerry Middleton
Tony Zhang

Spécialistes des produits à valeur ajoutée
Robert Beauregard, directeur, Valeur ajoutée, Division de l'Est
Ron Nielson, directeur, Transformation secondaire, Division de l'Ouest
Irenée Banville
Les Jozsa
Jeff Kidlark
Marcel Lefebvre
Torsten Lihra
Elias Mucha
Yves Ngangué
Caroline Verreault
Derek Williams

Spécialistes du séchage du bois
Luiz Oliveira
Marc Savard
Carl Tremblay

Spécialistes de la durabilité et de la protection du bois
Tony Byrne
Manon Gignac
Paul Morris
Dian-Qing Yang

Spécialistes de l'information
Paule Têtu, directrice, Communications et Services aux membres, Division de l'Est
Barbara Holder
Deirdre Moore

Les membres du Comité consultatif technique de Forintek sur les technologies de fabrication du bois de sciage

INDUSTRIE

Associations
Diana Blenkhorn – Maritime Lumber Bureau (MLB)
John Brink – BC Council of Value-Added Wood Processors
Bob Demulder – Alberta Forest Products Association (AFPA)
Ken Glover – Forest Industry Suppliers Association of Alberta (FISAA)
Ian Harvey – BC Wood Specialties Group
Gilles Jeanrie – Association des manufacturiers de bois de sciage du Québec (AMBSQ)
Fred Nott – Wood Products Group (Nouveau-Brunswick)
Ontario Lumber Manufacturers' Association (OLMA)
Association canadienne de l'industrie du bois (CLA)
Conseil des industries forestières de la Colombie-Britannique (COFI)
Québec Wood Export Bureau (Q-WEB)

Industrie des bois résineux
Tim Beaulieu – Fraser Papers Inc., Plaster Rock (NB)
Wayne Hemsley – Sundance Forest Industries Ltd. (AB)
Art Lemay – Westmark Products Ltd. (AB)
William Love – Tembec Inc. (ON)
Toomas Ruberg – Weyerhaeuser Company Ltd. (CB)
Gilbert Tardif – Maibec Inc. (QC)
William Tropper – Tembec Inc. (ON)
Cliff Tuttle – Pope & Talbot Ltd., Oregon (É.-U.)

Industrie des bois feuillus
Alain Bossé – Groupe Savoie, Saint-Quentin (NB)
Jean-Claude Savoie – Groupe Savoie, Saint-Quentin (NB)

Fabricants de bois d'ingénierie
Kent Fargey – Western Archrib, Edmonton (AB)
Neil Miller – Alberta Spruce Industries Ltd. (AB)
Mel Stratechuk – Jager Industries Inc. (AB)

Fabricants de bois d'apparence
Neil Miller – Alberta Spruce Industries Ltd. (AB)
Guy Rancourt – Sovebec, Charny (QC)
Hans Schmidt – Canadian Wood Products Agency (AB)
Gilbert Tardif – Maibec Inc. (QC)

Fabricants de bois traités
Nigel Banks – Hickson Building Products (CB)

Transformation secondaire
John Brink – Brink Forest Products Ltd. (CB)
Terry LaLonde – Kyahwood Forest Products (CB)
Patrick Olivier – Brink Forest Products Ltd. (CB)

CONSULTANTS

Jean Benoît – Consultants J. Benoît (QC)
Peter Garrahan – Peter Garrahan & Associates (ON)
Jean-Claude Havard – Magan'da Services (ON)
Roger Keery – RHK Consulting (CB)
Kelvin Mak – KPMG (AB)
Ron Macdonald – Technology Brokers Inc. (AB)
Michel Van Thiegen (QC)
John White – J.F. White & Associates (NB)

FOURNISSEURS D'ÉQUIPEMENT

Norm Beattie – EDEM (Optimil) (CB)
Gilles Côté – Maxitour (QC)
Gunther Eckert – Porter Engineering (CB)
Bill LeGentil – Optimil Machinery (CB)
André Nadeau – Autolog Inc. (QC)
Gabriel Payant – Comact Optimisation (QC)
Dan Smith – Porter Engineering (CB)

ORGANISMES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE

Daniel Comeau – Centre d'excellence du bois ouvré, Campbellton (NB)
Ed Kuefler – Northern Alberta Institute of Technology, Edmonton (AB)
Tom Mannes – Centre for Advanced Wood Processing, Vancouver (CB)
Paul Roberts – Northern Alberta Institute of Technology, Edmonton (AB)
Michel Sivret – Centre d'excellence du bois ouvré, Campbellton (NB)
Rob Wellwood – Alberta Research Council, Edmonton (AB)

GOUVERNEMENTS

Gouvernement du Canada
Jeff Serveau – Industrie Canada (*)
Jim Farrell – Ressources naturelles Canada (Service canadien des forêts)
Robert Jones – Ressources naturelles Canada (Service canadien des forêts)
Russ Bohning – Ressources naturelles Canada (Service canadien des forêts)
Jim McBeth – Conseil national de recherches du Canada, Vancouver (CB)
Walter Cool – Conseil national de recherches du Canada, PARI, Edmonton (AB)
Denis Méthot – Conseil national de recherches du Canada, PARI, Sainte-Foy (QC)
Don Giles – Conseil national de recherches du Canada, PARI, Vancouver (CB)

Gouvernement de l'Alberta
John Leurdyke – Alberta Economic Development
Ray Luchkow – Alberta Resource Development (Panneaux et bois d'ingénierie)
Paul Short – Alberta Resource Development (Bois de sciage)
Ted Szabo – Alberta Innovation & Science (*)

Gouvernement de la Colombie-Britannique
Mark Shepherd – Forest Renewal BC (*)
John Talbot – Forest Renewal BC (*)

Gouvernement du Nouveau-Brunswick
Jim Richard – Développement économique, Tourisme et Culture (*)

Gouvernement de l'Ontario
Steve Banducci – Ministère des Richesses naturelles (*)

Gouvernement du Québec
France Brulotte – Ministère des Ressources naturelles
Pierre Marineau – Ministère des Ressources naturelles
Clément Turcotte – Ministère des Ressources naturelles (*)

(*) Membres du Comité directeur

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS III

PRÉFACE 1

SOMMAIRE EXÉCUTIF 3

1 INTRODUCTION ET VUE D'ENSEMBLE 7

2 L'INDUSTRIE DU BOIS EN PERSPECTIVE 11

2.1 Bois de sciage 11
2.2 Produits à valeur ajoutée 14

3 VISION DE L'INDUSTRIE ET FACTEURS CRITIQUES 15

4 FABRICATION DU BOIS DE SCIAGE DE RÉSINEUX – TECHNOLOGIE ACTUELLE ET POTENTIELLE 19

4.1 Matière première 20
4.2 Gestion du parc à grumes 22
4.3 Protection des billes 23
4.4 Tronçonnage à la scierie 24
4.5 Écorçage 26
4.6 Scanneurs et systèmes de positionnement 27
4.7 Triage des billes 28
4.8 Premier débit 29
4.9 Deuxième débit 31
4.10 Autres concepts de débitage 34
4.11 Ateliers d'affûtage 34
4.12 Triage du bois vert 35
4.13 Protection du bois vert 37
4.14 Séchage 37
4.14.1 Empilage et manutention 38
4.14.2 Installations de séchage 38
4.14.3 Contrôle de la teneur en humidité et de la qualité 42
4.15 Rabotage 43
4.16 Classement et éboutage 44
4.17 Expédition et protection du bois 46
4.18 Contrôle général de la qualité et des procédés 47
4.19 Fabrication de copeaux 48
4.20 Utilisation des sous-produits 49
4.21 Questions environnementales 50
Conclusions pour l'industrie du sciage de résineux 51

5 FABRICATION DU BOIS DE SCIAGE DE FEUILLUS – TECHNOLOGIE ACTUELLE ET POTENTIELLE 53

5.1 Matière première 53
5.2 Tronçonnage, classement et répartition des billes 54
5.3 Gestion du parc à grumes 55
5.4 Écorçage 55
5.5 Premier débit 56
5.6 Deuxième débit des bois de valeur 57
5.7 Triage et classement du bois 58

5.8 SÉCHAGE 58
5.8.1 Empilage, manutention et séchage à l'air 59
5.8.2 Séchoirs et contrôle du séchage 59
5.8.3 Taches causées par le séchage 61
5.9 UTILISATION DES SOUS-PRODUITS 62
5.10 QUESTIONS ENVIRONNEMENTALES 63
CONCLUSIONS POUR L'INDUSTRIE DU SCIAGE DE FEUILLUS 64

6 PRODUITS À VALEUR AJOUTÉE DE RÉSINEUX ET DE FEUILLUS 67

7 BOIS D'INGÉNIERIE – TECHNOLOGIE ACTUELLE ET POTENTIELLE 69

7.1 INTRODUCTION ET APERÇU DE L'INDUSTRIE 69
7.2 VISION DE L'INDUSTRIE ET FACTEURS CRITIQUES 69
7.3 PRINCIPAUX PRODUITS D'INGÉNIERIE À BASE DE BOIS 71
7.3.1 Bois MSR 71
7.3.2 Bois abouté 73
7.3.3 Lamellé-collé 76
7.3.4 Poutrelles en I 78
7.3.5 Fermes de toiture triangulées 80
7.3.6 Fermes à membrures parallèles 81
7.3.7 Autres produits d'ingénierie 82
7.4 OPÉRATIONS DE FABRICATION COMMUNES À LA PLUPART DES PRODUITS D'INGÉNIERIE 82
7.4.1 Matière première – triage préliminaire 82
7.4.2 Séchage 83
7.4.3 Classement et préparation du bois 84
7.4.4 Systèmes de manutention 85
7.4.5 Adhésifs et collage 85
7.4.6 Contrôle de la qualité et des procédés 87
7.4.7 Homologation des produits et accès aux marchés 88
7.4.8 Design 88
CONCLUSIONS POUR LES PRODUITS D'INGÉNIERIE 89

8 BOIS D'APPARENCE – TECHNOLOGIE ACTUELLE ET POTENTIELLE 91

8.1 INTRODUCTION ET APERÇU DE L'INDUSTRIE 91
8.2 FACTEURS CRITIQUES 92
8.3 OPÉRATIONS COMMUNES À LA PLUPART DES BOIS D'APPARENCE 93
8.3.1 Choix et préparation de la matière première 93
8.3.2 Séchage 94
8.3.3 Dégauchissage 94
8.3.4 Classement et optimisation de la purge 95
8.3.5 Éboutage 96
8.3.6 Refente 96
8.3.7 Aboutage 97
8.3.8 Collage sur face et sur chant 98
8.3.9 Moulurage 99
8.3.10 Tenonneuse double 100
8.3.11 Toupillage 101
8.3.12 Défonceuses et centres d'usinage à commande numérique 101
8.3.13 Perçage 102
8.3.14 Tournage 102
8.3.15 Densification superficielle et traitement thermique 103
8.3.16 Ponçage 103
8.3.17 Réparations 104
8.3.18 Finition intérieure 104

8.3.19 Finition extérieure 105
8.3.20 Manutention 106
8.3.21 Contrôle de la qualité et des procédés 106
CONCLUSIONS POUR LES PRODUITS D'APPARENCE 107

9 BOIS TRAITÉS CONTRE LA CARIE – TECHNOLOGIE ACTUELLE ET POTENTIELLE . 109

9.1 INTRODUCTION ET APERÇU DE L'INDUSTRIE 109
9.2 FACTEURS CRITIQUES 109
9.3 TECHNOLOGIE D'AMÉLIORATION DE LA TRAITABILITÉ 110
9.4 TECHNOLOGIE DES PRODUITS DE PRÉSERVATION 111
9.5 TECHNOLOGIE DE L'IGNIFUGATION 113
9.6 TECHNOLOGIE DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT 113
9.7 TECHNOLOGIE ANTIPOLLUTION 114
CONCLUSIONS POUR LES BOIS TRAITÉS 116

10 PERCÉES TECHNOLOGIQUES 117

EN CONCLUSION 124

11 RECOMMANDATIONS ET PLAN D'ACTION 125

PLANIFICATION STRATÉGIQUE 126
RÉSEAU 128
ACCÈS AUX MARCHÉS 129
STRATÉGIE DE VALORISATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE 130
ENSEIGNEMENT ET FORMATION 131
EN GUISE DE CONCLUSION 133

PRÉFACE

La technologie a fait du Canada un chef de file mondial dans la production et l'exportation de produits de bois. La technologie permet de maximiser le rendement matière à partir des ressources forestières disponibles. Elle permet de maximiser la productivité des usines. Elle permet de donner au client le niveau de qualité qu'il désire. Si notre industrie occupe une place aussi importante dans l'économie nationale, c'est en grande partie parce qu'elle a su mettre la technologie au service de la satisfaction du client, de la compétitivité et de la rentabilité.

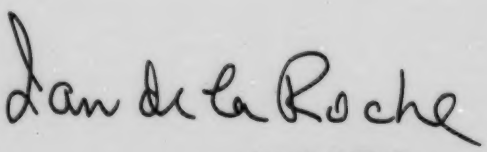
Mais le monde évolue continuellement, et nos besoins technologiques changent également. Il nous faut travailler avec une matière première variée, et la durabilité des ressources forestières est devenue une préoccupation centrale dans notre société. Il nous faut aussi tenir compte de l'évolution des techniques du bâtiment, en plus des clients qui exigent des produits abordables et mieux adaptés à des utilisations spécifiques. On ne peut par ailleurs oublier les concurrents, déterminés à conquérir une part croissante de la construction résidentielle.

Étant donné l'importance qu'accorde notre industrie au développement technologique, et le soutien de nos gouvernements, nous sommes convaincus qu'il est possible de maintenir la prospérité de l'industrie dans un avenir prévisible. Une croissance rapide du secteur secondaire et de la production de valeur ajoutée, soutenue par un développement vigoureux des bois d'ingénierie et des bois d'apparence, indique que nous sommes sur la bonne voie.

Il reste cependant beaucoup à faire pour assurer à l'industrie canadienne du bois et aux nouveaux secteurs de la valeur ajoutée le savoir, les compétences et l'équipement dont ils auront besoin au cours des années à venir. Le présent rapport nous paraît constituer une base de travail particulièrement riche. Il amalgame des apports scientifiques, technologiques, commerciaux et industriels pour exprimer résolument ce qu'il est possible de réaliser au cours des dix prochaines années si l'on s'y met sérieusement.

Nous tenons à féliciter Industrie Canada d'avoir entrepris cette collection de cartes routières technologiques et à remercier, pour leur soutien financier, Ressources naturelles Canada (Service canadien des forêts) de même que les gouvernements de Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan, Ontario, Québec et Nouveau-Brunswick. Cet engagement confirme leur désir de voir l'industrie du bois augmenter sa part du marché mondial grâce à une politique d'innovation technologique agressive et de développement commercial équilibré.

Ce n'est bien sûr qu'un début, une occasion d'évaluer l'infrastructure en place et de susciter les plans d'action qui vont nous porter vers l'avenir. Nous vous invitons donc à étudier ce rapport avec soin et nous espérons qu'il vous aidera à déterminer les stratégies propres à votre entreprise. Nous souhaitons aussi qu'il vous convaincra de participer aux activités de suivi qui transformeront les recommandations en actions.



Ian de la Roche
Président et chef de la direction
Forintek Canada Corp.

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Depuis neuf ans, l'industrie canadienne du bois de sciage exporte en moyenne plus de 70 p.100 de sa production, ce qui en fait l'un des principaux éléments de notre excédent commercial, et un facteur important du succès économique canadien. Elle représente aussi un élément considérable de l'économie rurale canadienne. Au cours de cette même période de neuf ans, le total des expéditions a plus que doublé, atteignant 19,6 milliards de dollars en 1999. Bien que les produits à valeur ajoutée ne représentent qu'un faible pourcentage de ce volume, ils connaissent une croissance exceptionnelle et retiennent l'attention de l'industrie et des gouvernements pour leur contribution à maximiser la valeur des produits de bois et les exportations, tout en créant de nouveaux emplois.

Cette évolution est le fruit d'une combinaison unique de situations touchant aux ressources forestières et à l'innovation technologique qui donne naissance à une diversité de produits répondant aux exigences des principaux marchés, particulièrement en Amérique du Nord, en Europe et au Japon. À mesure que les marchés se font plus exigeants, la concurrence mondiale plus vive, que les systèmes de distribution changent (commerce électronique, par exemple) et que l'accès aux ressources ligneuses devient plus limité, seule l'innovation technologique permettra à l'industrie canadienne du bois de maintenir et d'améliorer sa position. Il faudra pour cela créer de nouvelles technologies de transformation des billes (pour extraire de la matière première existante un maximum de valeur sur une base durable) ainsi que de nouveaux produits et systèmes à valeur ajoutée (pour répondre aux exigences du marché avec des solutions plus intelligentes).

Cette carte routière, créée par Forintek Canada Corp. en collaboration avec l'industrie du bois et ses principaux partenaires, vise à donner à l'industrie et à ses alliés un certain nombre d'objectifs technologiques afin de guider ses progrès constants au cours des 10 ou 15 prochaines années. Elle a été commanditée par Industrie Canada et les gouvernements provinciaux de Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan, Ontario, Québec et Nouveau-Brunswick.

En plus des experts de Forintek, de plusieurs consultants, de producteurs d'équipement et de logiciels, le processus de consultation a fait intervenir un comité directeur constitué des partenaires gouvernementaux ainsi que d'un grand nombre de représentants des principaux secteurs de l'industrie.

Cette carte routière établit l'importance de l'innovation pour l'industrie du sciage de résineux et de feuillus, et elle propose des techniques nouvelles et prometteuses ainsi que diverses suggestions de développement technologique pour l'avenir. Elle couvre aussi deux secteurs importants de la transformation secondaire : les bois d'ingénierie et les bois d'apparence. Par ailleurs, les bois traités font l'objet d'une section distincte. Cette carte propose enfin diverses recommandations concernant l'infrastructure et les initiatives qui pourraient servir de base à des plans d'action nationaux, régionaux ou sectoriels, de manière à ce que l'industrie puisse renforcer sa croissance économique en acquérant une plus grande compétitivité.

La carte routière se divise en 11 chapitres, lesquels donnent une perspective globale de l'industrie et offrent un examen détaillé des principaux secteurs : transformation primaire (feuillus et résineux), et transformation secondaire / valeur ajoutée (bois d'ingénierie, bois d'apparence et bois traité). Pour chacun de ces secteurs, l'étude identifie les facteurs critiques qui déterminent le développement du secteur et devraient permettre de choisir les techniques et les recommandations les plus appropriées. Ces facteurs peuvent être interdépendants et se recouper avec d'autres éléments connexes. Ainsi, les impératifs de rentabilité, de compétitivité internationale et de croissance commerciale supposent une réduction des frais de production, de même que la création de produits nouveaux et améliorés. Les choix de société et la législation

entraînent des exigences en matière d'environnement. L'impact relatif de ces facteurs critiques varie d'un secteur à l'autre.

Pour chacun des secteurs étudiés, on trouvera une brève description des techniques et procédés actuels, une liste de projections technologiques ou améliorations évolutives des techniques actuelles et, lorsque pertinent, une liste de percées technologiques potentielles.

Les projections technologiques peuvent prendre la forme de modification ou de perfectionnement apporté aux méthodes de fabrication ou aux caractéristiques des produits. Elles peuvent aussi accélérer la commercialisation et la mise en œuvre des innovations. Ce genre d'innovation est souvent peu coûteux et il est susceptible de produire des avantages relativement élevés sans grand risque. Les projections technologiques touchent notamment à la diversification des approvisionnements (utilisation nouvelle du tremble, du mélèze et autres essences sous-utilisées, par exemple), à la réduction des coûts de production (scannage amélioré et gestion de l'information, par exemple), à la diversification des applications commerciales et à l'augmentation de la marge bénéficiaire par la production de produits de plus grande valeur.

Les percées technologiques supposent quant à elles des bonds technologiques susceptibles d'affecter sensiblement la position économique de l'industrie du bois. On pensera entre autres à l'introduction systématique de systèmes experts de même qu'au contrôle global et intégré des procédés. L'effort de recherche et développement (R&D) nécessaire au succès des percées technologiques proposées peut être onéreux et le risque est indubitablement élevé, mais il en va de même pour les retombées potentielles.

L'industrie canadienne du bois envisage nettement une évolution vers la transformation secondaire. Les bois d'ingénierie et d'apparence sont perçus comme des opportunités de croissance dans une industrie déterminée à se baser sur les attentes du client pour augmenter la valeur de ses produits. L'innovation technologique devrait jouer un rôle encore plus grand dans ces secteurs hautement évolutifs pour lesquels les caractéristiques de marché sont extrêmement variées et la souplesse, encore plus critique que dans les secteurs primaires. De façon générale, le progrès supposera une attention particulière, voire une intégration aux procédés de fabrication du client et un suivi des préférences des consommateurs. Le design apparaît comme le lien le plus puissant entre l'industrie du bois et ses nouveaux clients, et comme le facteur clef dans la production de valeur ajoutée.

Le succès de l'industrie dépendra des décisions qu'elle prend aujourd'hui et de son leadership, de même que celui de ses alliés, pour s'engager dans des programmes de R&D à moyen et long termes. Il dépendra de la volonté des intervenants de soutenir l'acquisition de connaissances par des études plus fondamentales, condition de base à l'innovation technologique. Ce succès exigera de plus une collaboration accrue entre l'industrie, ses instituts de recherche, ses fournisseurs d'équipement, de services et de logiciels, les établissements d'enseignement, les gouvernements et les clients.

Les recommandations proposées sont un point de départ pour les plans stratégiques dont doit se doter l'industrie canadienne du bois. Elle touchent au développement et à la dissémination de connaissances techniques et scientifiques, à l'établissement de priorités pour le programme de R&D de l'industrie, à l'acquisition d'information commerciale, à l'exploitation du potentiel de valeur ajoutée, et aux efforts nécessaires dans les domaines de la formation et de l'enseignement. Ces recommandations s'adressent à tous les intervenants, incluant ceux de l'industrie, des gouvernements et des organismes de recherche. Les retombées positives visent non seulement l'industrie du bois, mais aussi ses fournisseurs canadiens.

Cette carte routière technologique a été rédigée pour un large public, depuis les spécialistes sectoriels et dirigeants de l'industrie jusqu'aux chercheurs et aux fournisseurs d'équipement, en passant par les décideurs gouvernementaux et les éducateurs. Elle ne prétend pas dresser un catalogue complet de la technologie actuelle et potentielle. Sa principale raison est d'aider les

organismes à planifier leurs activités, à fixer leurs priorités et leurs orientations. En plus de servir de guide pour les décisions stratégiques importantes, elle vise à encourager les intervenants à poursuivre le débat engagé. D'ailleurs, la consultation d'envergure sur laquelle repose la présente carte routière constitue déjà un succès indéniable à cet égard. Ce document doit néanmoins demeurer évolutif et conduire à des plans d'action spécifiques.

1 Introduction et vue d'ensemble

L'innovation technologique a été le principal facteur de développement dans l'industrie canadienne du bois au cours des deux dernières décennies. Cette tendance s'est accélérée ces dernières années avec l'introduction des ordinateurs et la croissance remarquable des bois d'ingénierie et autres produits à valeur ajoutée. Notre défi pour l'avenir consiste à tenir le rythme et à faire les bons choix en ce qui concerne l'orientation de l'innovation technologique. Celle-ci doit être compatible avec les caractéristiques de marché et les besoins des acheteurs.. Elle doit aussi profiter au maximum à l'industrie du bois et à l'économie canadienne et elle doit tenir compte de l'évolution sociale au Canada et dans le monde, laquelle exerce une influence sur la matière première de l'industrie, ses méthodes de production et ses marchés.

La présente carte technologique a pour objectif d'aider l'industrie à relever ce défi. Elle ne fixe ni échéances rigoureuses ni cheminement obligatoire. Les innovations technologiques suggérées peuvent s'appliquer à certaines entreprises plutôt qu'à d'autres, et il sera nécessaire d'ajouter des détails secteur par secteur. Cette carte établit l'importance de l'innovation pour les principaux secteurs de l'industrie du sciage et de la valeur ajoutée, identifie les technologies nouvelles et prometteuses, et propose des priorités pour l'avenir. Elle présente aussi certaines recommandations quant à l'infrastructure et à l'organisation susceptibles d'aider les divers secteurs de l'industrie et leurs partenaires à élaborer des plans d'action spécifiques afin d'exploiter toutes les possibilités qui s'offrent à eux.

La carte technologique a été rédigée pour un large public, depuis les spécialistes sectoriels et dirigeants de l'industrie jusqu'aux chercheurs et aux fournisseurs d'équipement, en passant par les décideurs gouvernementaux et les éducateurs. Elle est destinée à aider les organismes à planifier leurs activités et à établir leurs priorités et leurs orientations. Elle n'aura atteint son but que si elle provoque le débat et sert à guider les décisions stratégiques importantes.

Le contenu de cette carte technologique provient en bonne partie des spécialistes de Forintek. Des sessions remue-méninges ont été tenues avec les chercheurs et conseillers techniques des divisions de l'Est et de l'Ouest. L'information recueillie a été complétée par des échanges avec divers experts-conseils, représentants de l'industrie, fournisseurs d'équipement, représentants d'établissements d'enseignement et de recherche, représentants d'organismes gouvernementaux, ainsi que par une recherche bibliographique.

Le processus de consultation auprès des représentants de l'industrie a surtout pris la forme de conversations individuelles, directes ou téléphoniques. Les secteurs industriels couverts sont les suivants : bois résineux, bois feuillus, deuxième transformation, bois d'ingénierie (à l'exclusion des panneaux et produits dérivés des panneaux, lesquels sont couverts par la *Carte routière technologique* d'Industrie Canada sur les *Panneaux dérivés du bois*), les bois d'apparence et les bois traités. L'étude ne porte pas sur les systèmes de construction mais elle reconnaît que, dans une industrie axée sur son marché, le développement de produits, notamment dans le domaine des matériaux d'ingénierie, peut difficilement s'exercer sans une approche multidisciplinaire et systémique.

Dans un monde aux ressources limitées et de plus en plus conscient des exigences environnementales, la technologie est nécessairement le derniers recours pour « faire plus avec moins ». Le bois, le matériau de construction le plus ancien de l'humanité et aussi le plus écologique, continue d'être le matériau de choix dans de nombreuses parties du monde. Il gagne même du terrain dans des régions et des applications pour lesquelles son emploi n'est pas traditionnel. En contrepartie, la révolution informatique et la culture de mondialisation du commerce posent un nouveau défi aux produits et aux réseaux de distribution traditionnels. Force est de reconnaître que les industries concurrentes ont énormément investi dans des projets de développement et de promotion afin d'augmenter leur part du marché.

À mesure que l'industrie canadienne du bois apprend à partager les ressources forestières avec d'autres utilisateurs, et à offrir des produits de haute valeur répondant aux besoins des marchés modernes, elle dépendra de plus en plus de la technologie et du savoir. Dans les années à venir, on peut s'attendre à ce que soient maintenues les initiatives visant à maximiser le rendement matière et à minimiser les coûts de production. Les stratégies de diversification, qui survivront probablement au système de quota imposé par les États-Unis et au caractère de court terme des mesures incitatives, devraient entraîner une croissance rapide du secteur de la valeur ajoutée, lequel a ses propres besoins en technologie et en innovation, en plus de devoir renforcer son potentiel de design.

La présente carte technologique se divise en neuf chapitres. Le chapitre 2 situe l'industrie en perspective; il examine son importance économique relative et son rôle dans l'économie du Canada. Le chapitre 3 décrit comment l'industrie perçoit son évolution dans des conditions favorables, mais dans les limites du raisonnable. On y analyse les facteurs critiques pour l'industrie du sciage, résineux et feuillus, c'est-à-dire les tendances et paramètres qui vont influencer l'innovation technologique dans l'avenir immédiat et à plus long terme. En bref, il s'agit des forces qui commandent la technologie. Un développement technologique pouvant être lié à un ou plusieurs facteurs critiques, il est plus facile de décider des priorités et recommandations quand on comprend bien l'importance relative de ces facteurs.

Les chapitres 4 et 5 portent sur le secteur du sciage primaire de résineux et de feuillus. Ils portent sur la technologie, décrivant certaines techniques récentes déjà en usage, les tendances apparentes et l'évolution prévisible de la technologie. On étudie successivement les différentes étapes de la production ou les principaux éléments affectant l'ensemble du processus de fabrication, tels que contrôle des procédés ou utilisation des produits dérivés. L'information comporte une brève description des méthodes et techniques existantes et l'identification des principales innovations techniques potentielles, y compris, le cas échéant, certaines percées technologiques possibles. La faisabilité économique représente généralement un élément essentiel du développement technologique.

Les projections technologiques peuvent prendre la forme de modifications ou d'améliorations apportées à des méthodes de production en usage ou à des caractéristiques de produit. Règle générale, ce genre d'innovation est relativement peu coûteux et il est susceptible de produire des gains proportionnellement élevés sans grand risque.

Les percées technologiques, par contre, supposent des bonds technologiques susceptibles d'affecter sensiblement la position économique de l'industrie du bois ou de l'un de ses secteurs. L'effort de R&D nécessaire au succès des percées proposées peut être onéreux et le risque est indubitablement élevé, mais les retombées potentielles ne le sont pas moins. Le chapitre 10 décrit plus en détail les percées technologiques identifiées dans les chapitres précédents; celles-ci peuvent être applicables à un ou à plusieurs secteurs. Les percées envisagées sont audacieuses, mais elles ont une chance de se réaliser dans la prochaine décennie si les programmes appropriés de R&D bénéficient de ressources suffisantes et si la recherche sait tenir compte des objectifs commerciaux et des impératifs économiques.

Il existe évidemment des liens étroits entre les secteurs primaire et secondaire de l'industrie du sciage. Toutefois, les secteurs de la deuxième transformation et de la valeur ajoutée sont suffisamment distincts pour justifier des chapitres différents. Le chapitre 6 porte donc sur la deuxième transformation, alors que le chapitre 7 traite des bois d'ingénierie. Le chapitre 8 parle des bois d'apparence et le chapitre 9, des bois traités. Chacun de ces quatre chapitres présente les facteurs critiques particuliers au secteur et identifie les projections ainsi que les percées technologiques possibles.

Au chapitre 11, on trouvera un certain nombre de recommandations. Comme pour les principales percées technologiques décrites au chapitre 10, les recommandations portent sur l'ensemble de l'industrie avec, à l'occasion, référence à un secteur particulier. Ces recommandations

correspondent aux buts implicites des facteurs critiques et des énoncés de vision. Elles proposent également des mécanismes susceptibles de maximiser l'impact de l'innovation technologique, notamment en matière de formation de la main-d'œuvre, de transfert de la technologie et de coopération à tous les niveaux. Les recommandations s'appliquent à tous les intervenants dont l'industrie, les gouvernements et les organismes de recherche. Elles visent les intérêts de l'industrie du bois, mais aussi ceux des fournisseurs canadiens d'équipement et de services.

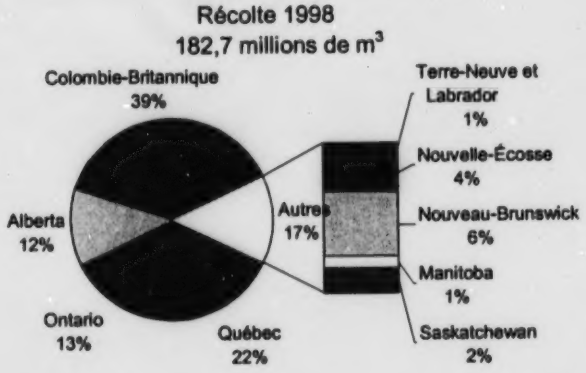
L'innovation technologique a le pouvoir de révolutionner une fois encore les produits traditionnels et les méthodes de fabrication. La technologie est le véhicule; la recherche et le développement assurent l'accélération qui engendrera croissance et prospérité pour l'industrie canadienne du bois.

Le succès dépendra cependant des choix qui sont faits maintenant, de même que du leadership de l'industrie et de ses partenaires à l'égard des programmes de R&D en matière d'innovation à court, moyen et long termes. Dans certains cas, il dépendra de la volonté des intervenants de soutenir l'acquisition de connaissances par des études plus fondamentales et plus exigeantes, conditions de base à l'innovation technologique.

L'objectif de cette carte technologique est d'inspirer des plans d'action spécifiquement adaptés aux divers secteurs de l'industrie et aux conditions des diverses provinces. Ses nombreuses références à l'Est et à l'Ouest du Canada en tant que régions distinctes reflètent des différences en rapport avec la matière première forestière, les méthodes traditionnelles de l'industrie et leurs marchés. Dans bien des cas, ces distinctions sont en constante évolution. À de nombreux points de vue par exemple, l'industrie de l'épinette-pin-sapin de l'Alberta a probablement plus de points communs avec celle du Québec qu'avec les entreprises de la côte du Pacifique. Il ne fait aucun doute que les plans d'action régionaux mettront en lumière d'autres similarités et différences.

2 L'industrie du bois en perspective

En 1997, la possibilité annuelle de coupe au Canada était de 236,6 millions de m^3 (Service canadien des forêts [SCF], 1999). Pour la même année, le volume récolté dans l'ensemble des provinces et territoires s'élevait à 182,7 millions de m^3 (figure 1). La Colombie-Britannique produisait 39 p.100 per cent de la récolte, suivie du Québec avec 22 p. 100. L'Ontario et l'Alberta représentaient 13 et 12 p.100 respectivement, alors que le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse comptaient ensemble pour 10 p.100 de la récolte totale.

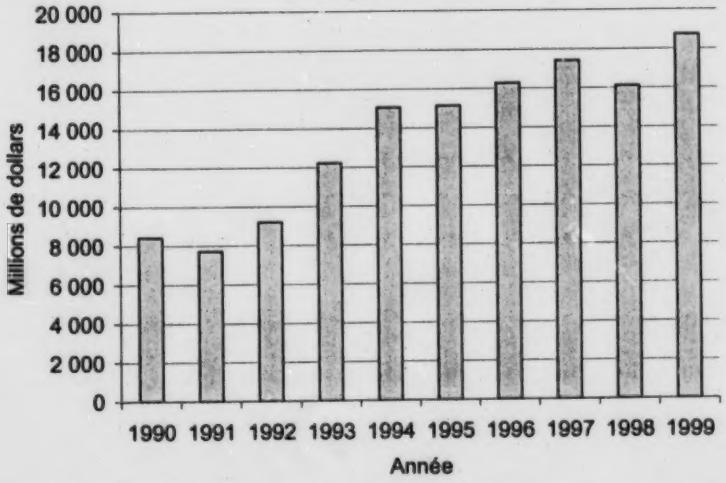


Source : Service canadien des forêts

Figure 1 Répartition provinciale de la récolte canadienne en 1998

2.1 Bois de sciage

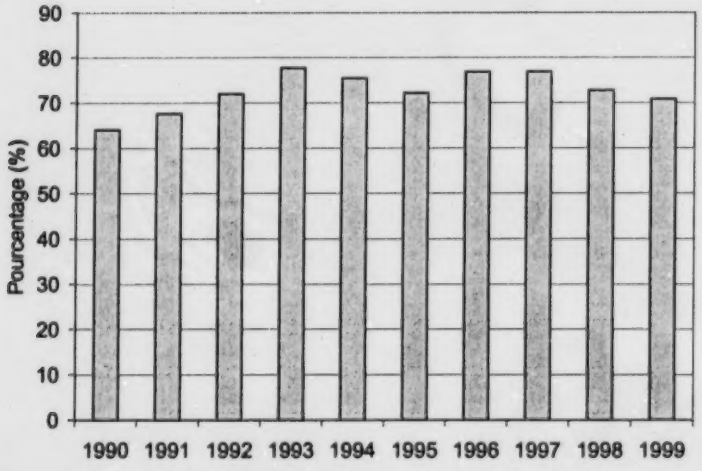
En 1999, les expéditions de l'industrie canadienne du bois de sciage se sont chiffrées à 19,6 milliards de dollars, ce qui représentait 4,55 p.100 des livraisons de l'industrie manufacturière canadienne. La figure 2 illustre la croissance des expéditions au cours des années 90 en dollars constants. Si l'on tient compte de l'inflation, on obtient une croissance de 17 p.100 de 1990 à 1999.



Source : Équipe de développement des statistiques relatives à l'industrie canadienne / Industrie Canada

Figure 2 Expéditions de bois de sciage

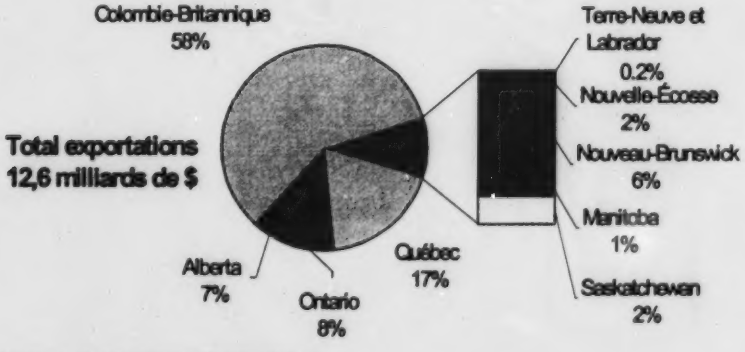
Les exportations sont très importantes pour l'industrie du bois de sciage, leur pourcentage des expéditions totales variant de 64,1 p.100 (1990) à 76,9 p.100 (1993) avec une tendance à la hausse (figure 3).



Source : Équipe de développement des statistiques relatives à l'industrie canadienne / Industrie Canada

Figure 3 Exportations en pourcentage des expéditions de bois de sciage

La Colombie-Britannique et le Québec sont les plus grands exportateurs de bois de sciage de résineux avec, respectivement, 58 et 17 p.100 du total canadien pour 1999. Suivent l'Ontario, l'Alberta et le Nouveau-Brunswick.

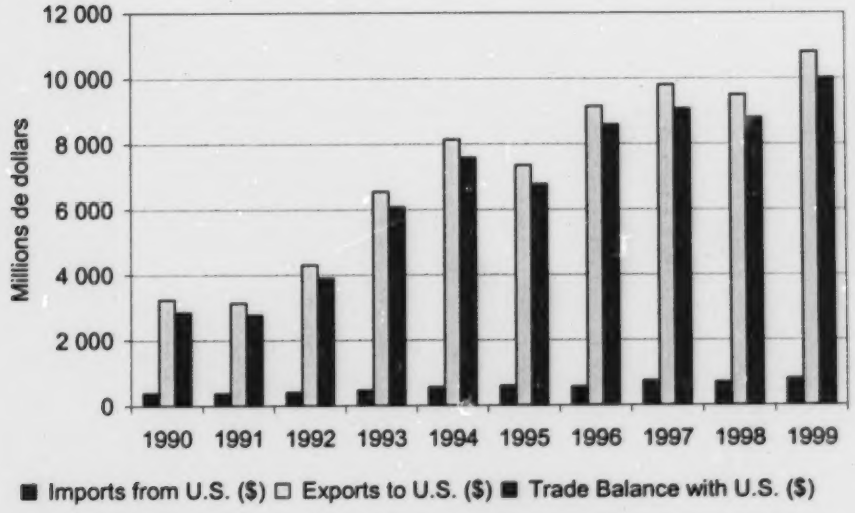


Source : Statistiques Canada, 2000

Figure 4 Valeur des exportations de bois de sciage de résineux par province, 1999

En 1999, plus de 70 p.100 de la valeur des exportations était destinée aux États-Unis. Pour la même période, le Canada a importé de petites quantités de bois des Etats-Unis. La contribution

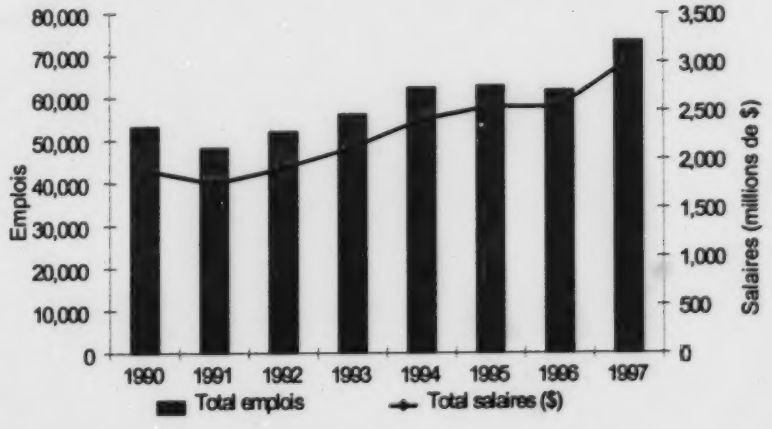
nette de l'industrie à l'excédent commercial se chiffrait néanmoins à 10 milliards de dollars. (figure 5).



Source : Équipe de développement des statistiques relatives à l'industrie canadienne / Industrie Canada

Figure 5 Commerce de bois de sciage avec les États-Unis

Le nombre d'emplois dans l'industrie du bois de sciage est passé de 50 000 en 1991 à plus de 70 000 en 1997 (figure 6). Pour la même période, le montant total des salaires payés par l'industrie est passé de 1,7 milliard à 3,0 milliards de dollars.



Source : Équipe de développement des statistiques relatives à l'industrie canadienne / Industrie Canada

Figure 6 Emplois et salaires dans l'industrie du sciage

2.2 Produits à valeur ajoutée

C'est depuis relativement peu de temps que les gouvernements et l'industrie s'intéressent aux produits à valeur ajoutée, et il n'existe aucune liste définissant officiellement les produits qui en font partie. La figure 7 illustre cinq catégories de produits de bois à valeur ajoutée qui représentaient en 1997 des livraisons d'une valeur de 6,1 milliards de dollars.

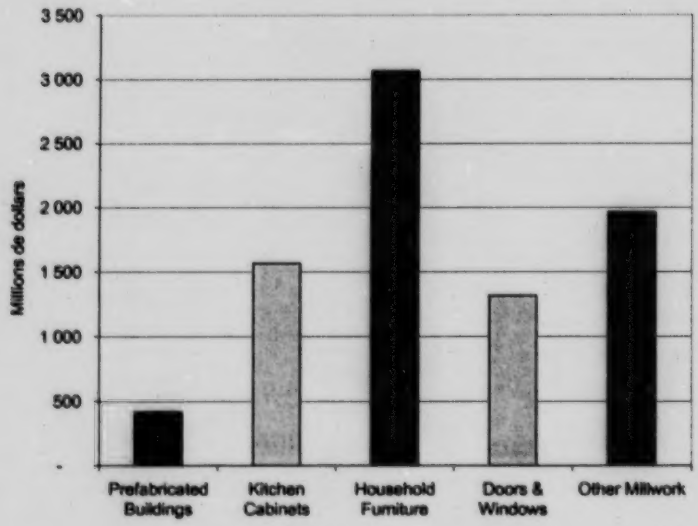
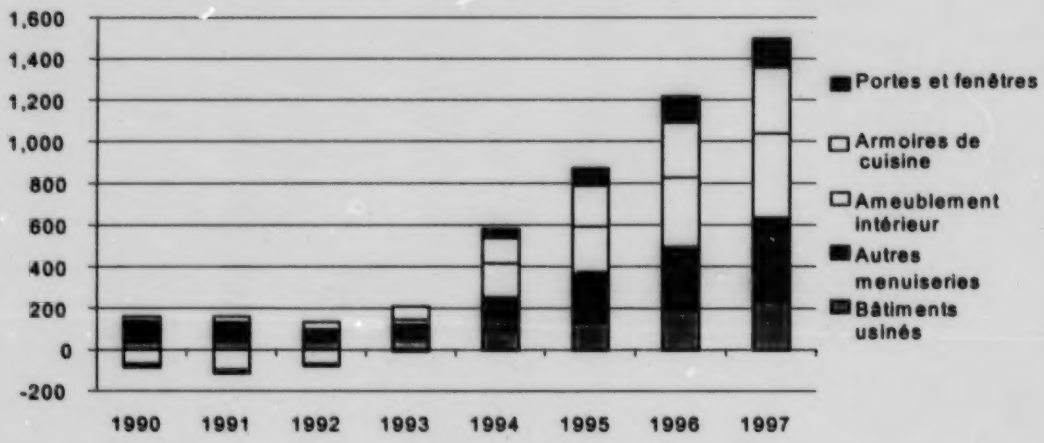


Figure 7 Expéditions de divers produits à valeur ajoutée, 1997

La contribution des produits de bois à valeur ajoutée à la balance commerciale du Canada a beaucoup augmenté ces dernières années. Alors qu'elle était proche de zéro en 1991 pour les huit produits illustrés à la figure 8, elle approchait 1,5 milliard de dollars en 1997.



Source : Équipe de développement des statistiques relatives à l'industrie canadienne / Industrie Canada

Figure 8 Balance commerciale de divers produits de bois à valeur ajoutée

3 Vision de l'industrie et facteurs critiques

Comme toute industrie, l'industrie canadienne du bois est basée sur un marché, une matière première et une masse de connaissances qui permet de transformer cette matière première en produits marchands. Ces connaissances prennent le plus souvent la forme de technologies, mais l'industrie du bois de sciage dépend de plus en plus de la connaissance qu'elle a des spécificités des marchés.

Dans un monde où tout change de plus en plus vite, certaines choses demeurent néanmoins constantes. Une d'entre elles est la ***domination du marché américain*** sur les perspectives de l'industrie canadienne du bois. Qu'il s'agisse de matériaux primaires ou de produits à valeur ajoutée, de résineux ou de feuillus, le marché des États-Unis est si proche et si important qu'il continuera vraisemblablement à dicter les priorités des producteurs canadiens. En dépit des restrictions au libre échange, les exportations de bois d'œuvre ordinaire vers les États-Unis continueront à constituer une grosse part du commerce de bois résineux; l'emphase sur la ***compétitivité des coûts*** sera donc maintenue. Un facteur nouveau est cependant lié au fait que la concurrence ne se limite plus aux scieries américaines. De ***nouveaux producteurs de bois***, tels le Chili, la Nouvelle-Zélande et certains pays européens, ont en effet commencé à exporter vers le marché américain. L'industrie nord-américaine du bois doit également faire face à une menace peut-être plus grave encore, soit celle des ***stratégies expansionnistes des industries de l'acier et du béton***. Ces compétiteurs sont déterminés à augmenter leur part du marché dans la construction résidentielle et à contrer les visées de l'industrie du bois sur le secteur non résidentiel.

Même s'il est permis de considérer la demande américaine en matériaux de construction comme relativement permanente, ***les attentes des consommateurs et les consommateurs eux-mêmes changent. Il en va de même pour les modes de distribution***. Les marchés des réparations et de la rénovation consomment désormais plus de matériaux que le bâtiment neuf. De plus, ***de grandes chaînes intégrées de distribution sont en position de dicter les spécifications des produits***. Le ***commerce électronique*** devrait aussi jouer un rôle significatif d'ici quelques années. La situation est semblable en ce qui concerne l'ameublement, les parquets et autres produits d'apparence. Dans ce monde nouveau, l'industrie du bois se verra dans l'obligation de ***maintenir une connaissance étroite et dynamique des changements qui affectent la demande et les réseaux de distribution***.

Malgré son orientation américaine et ses récents reculs en Asie, l'industrie canadienne du bois de sciage va continuer à ***développer ses marchés dans le monde entier***, dans un contexte de croissance de l'économie mondiale. Cette évolution exigera, elle aussi, une connaissance du marché, des prix concurrentiels et une grande capacité d'adaptation. Le quota américain a eu pour effet de convaincre les entreprises les plus ancrées dans la production primaire que ***l'orientation vers le client et la souplesse*** font désormais partie des règles du jeu, et que le fait d'être concurrentiel ne suffit pas toujours à assurer la rentabilité.

La connaissance du marché doit par ailleurs couvrir les ***normes nationales et internationales*** qui déterminent l'accès au marché des matériaux de construction. En fait, l'industrie canadienne du bois se doit de participer activement à l'élaboration des codes et normes, et inclure cette activité dans ses plans de fonctionnement.

Les grands producteurs de bois d'œuvre - et le jeu des fusions les rend de plus en plus importants - produiront une ***gamme de plus en plus variée de qualités de produit*** pour répondre à la demande de marchés divers. Beaucoup d'entre eux se lanceront aussi dans la ***production de valeur ajoutée***. À moins que ces nouvelles entreprises ne soient constituées en unités commerciales distinctes, elles devront vraisemblablement se limiter à des produits de grande série (bois classé mécaniquement [MSR], bois abouté, composantes coupées à

dimensions, par exemple), et miser sur des ***coûts concurrentiels et des garanties d'approvisionnement***.

Malgré tout, les produits à valeur ajoutée viendront étendre le champ d'action de l'industrie canadienne du sciage bien au-delà de ses frontières traditionnelles. ***De nouveaux joueurs interviennent***, surtout des petites et moyennes entreprises (PME), et ceux-ci offrent une variété de produits allant des pièces coupées à longueur jusqu'aux systèmes de construction préusinés, en passant par les composantes de meuble préfinies. Ces nouveaux joueurs ont en commun une caractéristique, celle d'être ***plus intimement liés aux activités de leurs clients*** que l'industrie traditionnelle. Ceci suppose de ***meilleures communications***, l'emploi systématique des nouvelles technologies de l'information et, conséquemment, une ***diversification technologique***.

En ce qui concerne les ressources forestières sur lesquelles repose l'industrie canadienne du bois, le principal facteur dans les dix années à venir sera le fait que, sauf quelques exceptions régionales, ***les volumes de bois exploitables sont largement attribués***. En conséquence, toute croissance doit être fondée sur une ***utilisation plus efficace de la matière première existante*** et sur une ***diversification des procédés favorisant la valeur ajoutée***. À plus long terme, une meilleure utilisation de la matière première viendra d'un meilleur aménagement de la forêt de manière à produire des arbres mieux adaptés aux besoins de demain. Les résultats des efforts déployés en ce sens ne seront cependant pas tangibles dans la période de dix ans que couvre notre étude. À court et moyen termes, une meilleure utilisation suppose une ***meilleure connaissance des ressources disponibles*** et, conséquemment, une ***connaissance des essences individuelles*** ainsi que des mesures pour s'assurer que ***le cheminement des billes*** permet de maximiser la valeur des produits. Ces impératifs auront des conséquences non seulement pour l'industrie du sciage, mais aussi pour les autres industries utilisatrices de bois, notamment les pâtes et papiers et le secteur des panneaux.

Pour être plus efficient, il faudra vraisemblablement ***transformer des billes plus petites, plus courtes, de moindre qualité***, et le faire au moindre coût. Pour cela, il faut ***reconnaître à l'avance dans chaque bille les produits recherchés*** par le marché. Il faudra aussi ***développer le potentiel des ressources sous-utilisées***, comme les essences non traditionnelles ou l'écorce. Il faudra enfin ***inventer de nouveaux produits et de nouvelles méthodes*** pour répondre aux attentes du client et cela, avec moins de bois et en réduisant le coût total pour le client, ce qui est une autre façon de définir la valeur ajoutée.

L'efficacité d'utilisation est déterminée par les connaissances, et particulièrement sur le plan technologique. Le développement de l'industrie au cours des dix prochaines années dépendra largement de la manière dont elle saura ***exploiter à son avantage l'innovation dans les domaines de la vision artificielle et de l'informatique***. C'est seulement en « voyant » en temps réel les produits potentiels dans chacune des billes, en combinant cette information aux caractéristiques de produit voulues, et en choisissant la meilleure méthode possible pour faire le lien entre la matière première et le produit, que l'industrie pourra maximiser la valeur de sa production et minimiser ses frais de transformation. Ceci étant, l'importance accordée aux scanneurs et aux ordinateurs ne doit toutefois pas faire oublier la nécessité de ***créer de nouvelles machines***. À mesure que l'industrie évolue, ses besoins en équipement changent aussi. L'industrie canadienne du bois d'œuvre doit également être en mesure de ***provoquer l'innovation*** au service de ses objectifs.

Pour être efficace, la technologie nouvelle doit être soutenue par ***la création et le contrôle de procédés de pointe***, lesquels doivent être appliqués aux divers centres de fabrication et permettre d'intégrer tous les paramètres qui affectent l'efficacité de la production, y compris le flux des matériaux, la manutention et l'entretien. La technologie nouvelle exige aussi du ***personnel compétent à tous les niveaux de l'entreprise*** de façon à ce que les décisions de la direction soient basée sur une information de qualité, que les produits et les procédés soient conçus pour répondre aux objectifs de l'entreprise, et que la production soit la responsabilité non pas de robots mais de gens qui comprennent et servent les visées de l'entreprise.

Pour miser sur la connaissance et la nouvelle technologie, il ***faut s'engager à acquérir et à transférer continuellement de nouvelles connaissances*** par le biais des organismes de R&D, universités et collèges. Les directeurs, ingénieurs et techniciens doivent disposer des compétences fondamentales qui leur permettront de concevoir et maîtriser de nouvelles techniques. ***Leurs compétences devront être renouvelées sans cesse par la formation continue***, ce qui exigera des ***réseaux technologiques*** faisant intervenir le personnel de production, manufacturiers d'équipement, fournisseurs de logiciels, instituts de R&D, établissements d'enseignement et autres fournisseurs de services. Le niveau de complexité technologique envisagé pour l'industrie du bois représentera immanquablement un défi majeur pour de nombreuses entreprises. Les plus grandes se sont déjà engagées sur la voie de la connaissance mais il faudra concevoir des méthodes novatrices pour permettre aux entreprises plus petites d'accéder, elles aussi, aux retombées des technologies de pointe.

Ce survol des factors les plus susceptibles d'affecter l'évolution de l'industrie canadienne du bois d'œuvre au cours des dix prochaines années a commencé par une réflexion sur les courants commerciaux et la nécessité d'une information commerciale pointue. En conclusion, il convient de revenir sur le thème des courants commerciaux, d'abord pour rappeler que seuls les marchés déterminent la valeur d'un produit, mais aussi pour noter que les forces du marché dépassent largement le coût global d'un parquet installé ou la qualité d'une porte d'armoire de cuisine. En ce début de 21^{e} siècle et à l'ère de l'information mondialisée, ***les acheteurs décident de la valeur d'un produit en tenant compte de facteurs sociaux*** que seuls quelques visionnaires considéraient comme importants il y a quelques années à peine. Au Canada comme à l'étranger, les acheteurs possèdent leur propre vision de l'industrie du bois, ainsi que leur propre opinion sur ***l'utilisation de la forêt, la protection de l'environnement, le développement durable, la création d'emploi, l'impact sur les économies locales***, etc. Il semble que pour optimiser la valeur de ses produits, l'industrie canadienne du bois doive progressivement intégrer ces valeurs à ses plans, et le faire de manière à ce que cela se sache.

4 Fabrication du bois de sciage de résineux – Technologie actuelle et potentielle

Dans l'Ouest du Canada, il existe deux grands types de scierie. Les usines de la côte transforment des billes de fort diamètre et de haute qualité en une multitude de produits spéciaux, alors que celles de l'intérieur transforment des billes plus petites et de moins bonne qualité en produits primaires, tels le bois d'œuvre ordinaire. En Alberta, la matière première et la gamme de produits des scieries de résineux sont comparables à ceux de l'intérieur de la Colombie-Britannique. Les scieries de l'intérieur visent essentiellement les marchés nord-américains, alors que celles de la côte sont plus diversifiées. Avant 1996, environ 65 p.100 de la production côtière était expédiée outremer.

Pour une bonne partie des années 80, la stratégie dominante des scieries canadiennes de l'Ouest consistait à augmenter les revenus en améliorant la productivité et la capacité. La matière première était relativement bon marché et abondante, et la demande en bois d'oeuvre pouvait absorber tout ce que l'industrie était capable de produire. La côte Pacifique faisait et fait toujours exception à cette règle grâce aux dimensions et à la qualité uniques de ses billes; malgré tout, la productivité était tenue pour principal facteur de rentabilité. On se préoccupait aussi de rendement mais là encore, on mettait l'accent sur le rendement en volume, c'est-à-dire davantage de planches pour un volume donné de bois rond à la fin du quart de travail.

L'autre objectif prioritaire était de réduire les coûts. Comme les usines avaient peu d'influence sur le prix de la matière première, on visait surtout à réduire les frais de main-d'œuvre. Il s'agissait de produire davantage de bois avec moins de monde. En conséquence, l'industrie du sciage demandait à ses fournisseurs d'équipement et de systèmes du matériel capable de tourner plus vite, de fournir un plus grand volume de produits par mètre cube de bois, et d'automatiser des méthodes qui, auparavant, exigeaient souvent beaucoup de main-d'œuvre.

Les scieries de résineux de l'Est du Canada sont normalement pourvues de deux chaînes de production, l'une pour les petites billes et l'autre pour les plus grosses (« grosses » pour l'Est). La chaîne de transformation des petites billes comporte généralement une équarrisseuse-déchiqueteuse qui fabrique des équarris à deux ou quatre faces; les équarris sont débités par des scies circulaires multilames à voie mince. Pour les grosses billes, l'équarrisseuse-déchiqueteuse est normalement suivie d'une scie à refendre à lames jumelées (scies à ruban ou scies circulaires) qui réduisent les équarris avant leur passage dans les scies circulaires multilames.

Dans l'Est du Canada, compte tenu de la petite taille des billes, la productivité a toujours occupé une place de choix. Toutefois, depuis une dizaine d'années, l'industrie a considérablement augmenté ses taux de conversion pour compenser l'augmentation du prix de la matière première et sa rareté grandissante. Grâce à la mise en œuvre de nouvelles techniques de transformation faisant appel à des procédés avancés d'optimisation, l'industrie est maintenant en mesure de produire mille pieds mesure de planche (pmp) de bois d'œuvre à partir de quatre mètres cubes de billes au lieu de cinq mètres cubes comme jadis.

Environ 60 p.100 des sciages de résineux produits dans l'Est proviennent de chaînes pour petites billes, telles que scieries de colombages, qui transforment des billes de huit à dix pieds. Ces chaînes sont très productives et efficaces grâce à l'emploi de scanneurs, de systèmes de positionnement des billes et du sciage en courbe. Par ailleurs, les scieries sont de plus en plus nombreuses à récupérer les bois courts (4 à 6 pieds) et à ajouter du 2" x 2" à leur liste de produits.

Le reste du bois d'œuvre (40 p.100) provient des chaînes pour gros diamètres, lesquelles scient habituellement des billes de 16 pieds de longueur. Le premier débit est souvent assuré par une équarrisseuse-déchiqueteuse suivie d'une refendeuse à lames jumelées, le rendement valeur étant confié à des optimiseurs de haute technologie. Les chaînes pour grosses billes sont munies

de systèmes de rotation et de positionnement des billes, et elles utilisent des scies circulaires multilames à voie mince conçues pour le sciage en courbe.

Au cours des dix dernières années, la technologie du sciage a évolué très rapidement, si rapidement que certains systèmes sont loin de la perfection et que le personnel responsable de leur utilisation et de leur entretien a parfois des difficultés à les maîtriser. Un effort supplémentaire s'impose pour améliorer les logiciels d'optimisation et pour rendre les éléments mécaniques capables de réaliser les solutions proposées. Il faut également renforcer la formation des mécaniciens et des ingénieurs de procédés pour que ces techniques avancées de transformation puissent être utilisées avec plus grande efficacité.

Les scieries canadiennes de résineux transforment des bois du groupe épinette-pin-sapin (ÉPS) dans presque tout le pays, y compris l'intérieur de la Colombie-Britannique. Sur la côte Pacifique, les principales essences sont celles du groupe pruche-sapin et le sapin de Douglas. On y transforme aussi le cèdre et les méthodes de production sont semblables à celles qu'on emploie pour les autres résineux, même si la gamme de produits de cèdre est très différente. Bien qu'apparenté aux feuillus, le tremble est fréquemment scié de la même manière que les résineux dans les régions où il est abondant, comme l'Alberta. On tend par contre à scier le pin blanc avec les feuillus, surtout dans l'Est du Canada.

4.1 Matière première

Technologie actuelle

Étant donné que les scieries s'efforcent de diversifier leur gamme de produits, il est de plus en plus critique d'avoir de la souplesse dans les méthodes de fabrication. Il faut pouvoir changer rapidement de stratégie de sciage en fonction de la demande, ce qui suppose que l'on choisisse les meilleurs billes en fonction de la stratégie retenue. Une production bien planifiée et coordonnée exige que tous les éléments du processus de production soient optimisés de façon intégrée, depuis la gestion de la forêt jusqu'au produit final. La programmation linéaire (PL) est une technique spécialement conçue pour optimiser l'allocation des ressources disponibles. Elle permet de coordonner efficacement les objectifs d'aménagement forestier, de récolte, de production et de ventes en une stratégie cohérente.

L'élaboration de modèles de PL exige des données précises sur les approvisionnements de l'usine. Une telle analyse intégrée des opérations forestières et manufacturières permet de déterminer quelle est la meilleure répartition des billes entre plusieurs scieries et plusieurs produits. Il est également possible d'évaluer les effets de divers programmes de récolte ou de diverses sources de matière première sur le fonctionnement de l'usine et sa production.

Il ne faut pas oublier que la qualité des résultats ne peut que refléter la qualité des intrants. L'élaboration d'un plan repose sur des prédictions d'approvisionnements, de productivité, de volume de ventes et de prix du bois. Comme le plan a un impact sur les opérations actuelles, il est essentiel d'expliciter les hypothèses retenues. La gestion d'un modèle de LP exigera probablement l'attention d'une personne à plein temps.

Les scieurs de l'Est transportent le plus souvent le bois à l'usine sous forme de tiges en longueur, ce qui permet de trier les tiges par essences directement sur le parterre de coupe. Il arrive aussi que des entreprises possédant plusieurs scieries dans la même région géographique trient les tiges selon leur diamètre et leur essence afin de maximiser l'efficacité de l'équipement de débitage, et de promouvoir le potentiel de valeur ajoutée.

L'industrie s'intéresse de plus en plus au tronçonnage des billes sur le parterre de coupe, ce qui évite le transport de résidus. Cette approche élimine la nécessité d'avoir un gros et coûteux poste de tronçonnage à l'usine. Elle complique toutefois le triage par essences en raison des pertes de

productivité en forêt, ce qui explique le regain d'intérêt dont bénéficie le triage des essences avant séchage.

Étant donné le faible diamètre des billes transformées dans l'Est du Canada et le volume substantiel de bois que représentent les houppiers pour la production de copeaux de trituration (5 à 15 p.100), il est peu vraisemblable que la méthode de récolte change dans un avenir prochain. Certaines entreprises ont tenté de diriger tout leur bois vers un complexe central de tronçonnage et de répartition des billes entre les deux ou trois scieries qu'elles possèdent dans une région. Leurs résultats montrent que les coûts de production augmentent rapidement avec la multiplication des transports et des manutentions. De plus, la répartition des billes aux diverses scieries tend à provoquer des conflits entre les usines en rapport avec les dimensions et la qualité fournies.

D'importantes améliorations s'imposent pour réduire les bris de tige causés par les manutentions répétées. Certaines études montrent que les pertes dues aux bris affectent entre 6 à 15 p.100 des tiges en longueur avant leur entrée dans l'usine. Étant donné que ces bris se produisent surtout dans les tiges les plus longues quand on les reprend dans le parc à grumes, il serait bon de réexaminer les méthodes de triage et d'entreposage de manière à augmenter le rendement en réduisant les bris.

Les scieries doivent parfois transformer de grandes quantités de bois avarié par le feu ou les insectes sur une période de temps relativement courte, le bois mort étant vulnérable au bleuissement et autres dégâts biologiques.

Projections technologiques

- *Mettre au point un appareil de mesure précis pour faciliter les opérations d'étêtage et de tronçonnage. L'appareil doit être du même type dans toute l'industrie pour que les données recueillies puissent être exploitées par les divers utilisateurs et appliquées à leurs besoins respectifs. Idéalement, l'appareil devrait aussi intégrer en amont des données reçues de la scierie.*
- *Trier les tiges et les billes en fonction d'une répartition optimale entre les diverses utilisations (sciage, déroulage, trituration, fabrication de panneaux, etc.) Ce tri doit avoir lieu le plus tôt possible, mais les circonstances pratiques varient d'une usine à l'autre (existence d'un complexe central de tronçonnage, nombre d'entreprises en jeu, degré d'intégration entre les différentes usines, etc.).*
- *Fournir aux opérations de tronçonnage une information plus précise en provenance des centres de fabrication afin d'optimiser la transformation des billes.*
- *Modifier les méthodes de manutention afin de réduire les bris et autres dégâts.*
- *Établir des liens informatiques entre la scierie et le poste de tronçonnage optimisé permettant l'échange rapide de données.*

Percées technologiques

- *Élaborer des techniques fondées sur la vision artificielle et l'analyse graphique pour scanner les peuplements forestiers à partir de satellites ou d'avions de façon à établir des bases de données détaillées pour l'aménagement forestier et la répartition générale des billes.*
- *Créer les conditions nécessaires à une intégration des données entre les responsables de la forêt, entrepreneurs forestiers et utilisateurs de billes, afin d'établir une seule base de données accessible à tous et de faciliter la prise de décisions rationnelles sur l'utilisation du bois.*
- *Intégrer dans un outil d'aide aux décisions tous les facteurs relatifs aux approvisionnements afin d'améliorer la rentabilité.*

4.2 Gestion du parc à grumes

Technologie actuelle

L'objectif principal de la gestion du parc à grumes est d'assurer l'approvisionnement de la scierie en billes. Les caractéristiques du parc dépendent donc énormément de facteurs tels que le nombre d'essences (ou de groupes d'essences) transformées par la scierie, les usines desservies par le parc (une ou plusieurs scieries, une scierie et une usine de déroulage, etc.) La gestion du parc dépend quant à elle des activités d'aménagement forestier. Il est parfois possible de livrer les billes à l'usine en temps voulu mais cette approche devient impossible lorsque le transport des grumes emprunte des chemins d'hiver.

Les responsables du parc entreposent les billes de manière à pouvoir les reprendre avec un minimum de dommages, un maximum de souplesse et au moindre coût. On emploie fréquemment des machines capables de manipuler d'un coup la charge totale d'un camion. Ces machines sont rapides et efficaces, et un opérateur habile est généralement en mesure de ne pas briser ou endommager les tiges; il faut toutefois que le parc soit plat et solide. Par ailleurs, les grues permettent d'entreposer une grande quantité de billes par unité de superficie du parc, tout en limitant les dommages au bois. Comme on emploie généralement une seule grue pour l'ensemble du parc, l'entretien et autres temps morts liés à cette grue peuvent toutefois poser des problèmes. Les chargeurs-redresseurs présentent quant à eux de nombreux avantages, dont une diminution des dommages aux tiges, un prix inférieur d'achat et une plus grande facilité de triage; ce sont cependant les machines les moins productives. De façon générale, il serait possible de réduire les dommages aux billes en renforçant la formation des opérateurs et en mettant plus souvent l'accent sur la qualité et la valeur du bois. Cette observation sera souvent reprise dans le présent document.

En principe, on essaie d'utiliser les billes dans leur ordre d'arrivée dans le parc mais ce n'est pas toujours possible à cause de divers facteurs relatifs aux essences (il est difficile d'écorcer le sapin baumier l'hiver, par exemple) ou aux conditions d'exploitation. Les directeurs d'usine sont de plus en plus conscients des dommages et des pertes occasionnées par les épidémies d'insectes, et des effets du dessèchement et du bleuissement sur la valeur marchande des produits. Il est souhaitable d'effectuer au moins chaque été une rotation de l'inventaire afin d'éviter un dessèchement excessif des grumes et les pertes de rendement qui en découlent. En traitant les grumes par paquet, on peut réduire les dommages, accélérer les manutentions et accroître la hauteur d'entreposage. Il conviendrait d'étudier le coût des matériaux utilisés pour lier les grumes, et leur réutilisation.

Même si le triage des bois en forêt permet une utilisation plus rationnelle du bois avec un inventaire minimal sur parc, les usines préfèrent généralement trier leurs bois dans leur propre cour, ce qui permet un meilleur contrôle et plus de précision. Si la même précision était assurée en forêt, comme on l'a vu plus haut, ceci permettrait de répondre aux attentes des scieries. Entre-temps, on peut s'attendre à ce que le triage continue à se faire généralement dans la cour des usines. Même en scierie, il faut évaluer les avantages du triage par rapport au coût des manutentions supplémentaires, aux dommages affligés aux billes et aux risques inhérents à des inventaires élevés. Outre une meilleure technologie de manutention dans le parc à grumes, il serait utile d'avoir des outils perfectionnés de gestion permettant de simuler divers scénarios et de recommander la meilleure solution.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre des stratégies de triage et d'entreposage (y compris l'emploi d'outils de gestion des inventaires) afin de diminuer les pertes de rendement matière dues aux dommages mécaniques, attaques d'insectes et dégradation fongique lors de l'entreposage.*

- *Élaborer des outils de gestion des inventaires intégrant les besoins de la scierie et les autres facteurs qui influencent la qualité des billes et leur valeur, de façon à faciliter et optimiser les décisions des responsables du parc à grumes.*

Percées technologiques

- *Réévaluer les principes de gestion du parc à grumes ainsi que le rendement du matériel de manutention en vue de limiter le temps de rétention, d'éliminer les dommages causés au bois, et d'augmenter la souplesse d'approvisionnement. Élaborer des outils d'aide aux décisions afin d'optimiser ces dernières. Dans la mesure où il est possible d'obtenir des données sur les peuplements forestiers et les besoins prévisibles de la scierie, les outils en question pourraient comporter un logiciel permettant d'analyser des scénarios et de recommander les meilleures solutions pour la gestion du parc.*

4.3 Protection des billes

Pour maximiser la valeur des produits, il faut commencer par maximiser la qualité de la matière première. L'augmentation du prix des billes et la nécessité d'en extraire un maximum de valeur amènent les scieurs à mieux protéger leurs billes des agents de détérioration, en commençant dès l'abattage. Les arbres récoltés par des machines se trouvent généralement endommagés soit par les rouleaux de guidage, soit par les couteaux d'ébranchage. Les rouleaux d'acier munis de crampons (rouleaux à picots) endommagent souvent les tiges, provoquant des pertes de bois (arrachement de fibres, trous) et des pertes de qualité (marques de compression visibles jusqu'à 20 mm de profondeur). L'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) a très bien documenté ces dommages. L'aubier de l'arbre, qui contient l'essentiel du bois sans nœud, est la partie la plus endommagée lors de l'abattage et des manutentions.

Ces dommages peuvent entraîner une diminution du rendement de la bille en matière et en valeur. Ainsi, la présence d'une marque de rouleau sur une planche aura probablement pour effet de réduire sa valeur marchande. Par ailleurs, les attaques de champignons, dont le bleuissement, ont fréquemment pour origine une blessure causée par un crampon ou l'arrachement d'un morceau d'écorce lors de la manutention. Les méthodes modernes de récolte et d'entreposage peuvent donc provoquer une diminution substantielle de la valeur des billes.

Bien que les champignons responsables de la coloration du bois soient en mesure de se développer lentement à des températures dépassant à peine le point de congélation, leur croissance devient très rapide lorsque la température ambiante atteint la plage de 15-25°C. Les champignons de coloration produisent des dommages visibles mais ils affectent peu les propriétés mécaniques du bois. Dans les billes, la coloration apparaît quelques semaines ou quelques mois après l'abattage selon l'essence, les conditions climatiques et le mode d'entreposage. Les pins, qui sont souvent les résineux préférés pour de nombreuses applications de valeur ajoutée, sont particulièrement sujets au bleuissement. En général, la meilleure façon de lutter contre les problèmes de coloration consiste à minimiser le temps d'entreposage. Les billes qui demeurent dans le parc à grumes pendant la saison chaude et humide (de la fin du printemps au milieu de l'automne) sont les plus vulnérables.

Dans le milieu du sciage, on considère trop souvent le bleuissement comme un phénomène inévitable. C'est parfois vrai lorsque, par exemple, les approvisionnements de l'usine contiennent des arbres affectés par des insectes ou un incendie et qui étaient infectés avant l'abattage. Il est malgré tout important de voir s'il est possible de prévenir la progression des champignons dans des billes qui seraient autrement de première qualité. Les méthodes les plus employées pour protéger les billes du bleuissement sont les suivantes : (1) la submersion dans l'eau (dans un bassin), (2) l'arrosage à l'eau, (3) le traitement à l'aide de fongicides ou d'insecticides chimiques. Les scieries de la côte Pacifique ont traditionnellement recours à l'entreposage dans l'eau, qui a aussi l'avantage de nettoyer les billes. L'arrosage assure également une bonne protection des

billes. Toutefois, la disponibilité de l'eau à proximité de l'usine, la nécessité de recycler cette eau, et les problèmes de gel font que cette méthode est peu utilisée. Par contre, les usines recourent plus volontiers à l'arrosage pour les billes de bois franc destinées aux produits d'apparence au cours de la saison la plus critique pour le bleuissement, de mai à septembre.

À la différence d'autres pays producteurs de bois, les scieurs canadiens n'ont pas coutume d'employer des pesticides chimiques pour protéger les billes contre le bleuissement. Bien que la nécessité de protection s'impose de plus en plus, il est peu probable qu'on assiste à l'adoption des traitements chimiques en raison des perceptions négatives du public quant à leur impact sur l'environnement. Pour que ces substances soient efficaces, il faudrait les appliquer peu de temps après l'abattage, ce qui limite beaucoup la faisabilité de traiter les billes grâce à un système en circuit fermé non polluant (ce qui serait tout à fait possible à la scierie).

Toute mesure visant à protéger les billes, que ce soit en forêt ou en scierie, doit respecter l'environnement. Les méthodes de lutte biologiques semblent offrir le meilleur potentiel en ce domaine. Des travaux de recherche sont en cours sur la protection biologique du bois à l'aide de champignons (emploi de champignons albinos, par exemple) et de bactéries, et les progrès réalisés depuis quelques années sont considérables. Une technique actuellement en développement repose sur l'application d'une solution alcaline (pour élever le pH du bois) combinée à un agent biologique afin d'augmenter le rendement et l'uniformité du système de protection. Comme les antiparasitaires chimiques, ces biopesticides doivent être autorisés par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire relevant du gouvernement fédéral. Le Canada possède un des systèmes d'enregistrement des pesticides les plus rigoureux au monde et les processus d'enregistrement sont à la fois coûteux et longs.

Projections technologiques

- *Réexaminer le matériel de récolte et de manutention du bois en vue de minimiser les dommages à l'écorce et de protéger les surfaces de bois exposées.*
- *Minimiser le temps écoulé entre l'abattage et le débitage, particulièrement pendant les périodes chaudes afin d'éviter les dommages dus aux champignons. En triant par exemple les billes par essences, on pourrait réduire le temps d'entreposage des essences les plus vulnérables.*

Percées technologiques

- *Réaliser l'application industrielle de traitements biologiques ou biochimiques pour mieux protéger les billes contre les dommages attribuables aux champignons avec un effet minimal sur l'environnement.*

4.4 Tronçonnage à la scierie

Technologie actuelle

Dans l'Est du Canada, on tronçonne les tiges de résineux individuellement ou en groupes de cinq à huit tiges. Le tronçonnage multiple permet de maximiser la productivité. Dans les grandes scieries de colombages, où les diamètres sont particulièrement faibles, il arrive de tronçonner jusqu'à 20 tiges d'un coup. S'il favorise la productivité, le tronçonnage multiple ne permet pas de maximiser la qualité des billes produites ni leur valeur.

Dans le cas du tronçonnage individuel, l'opérateur est en mesure de prendre ses décisions en fonction des caractéristiques de chaque tige, ce qui assure une plus grande souplesse. Pour obtenir la productivité voulue, on fait appel à plusieurs postes de tronçonnage qui fonctionnent en parallèle. Depuis cinq ans, la méthode de tronçonnage individuel a été légèrement modifiée. On écorce toujours les tiges avant de les tronçonner, mais le tronçonnage a lieu sur un grand tablier

muni de scies disposées à des distances prédéterminées. On mesure alors le diamètre et la longueur de chaque bille à l'aide de scanneurs; si la diamètre est trop faible, la bille est dirigée vers la déchiqueteuse qui les transforme en copeaux pour la pâte. Les billes plus longues (16 pieds) provenant du gros bout de la tige sont retronçonnées en deux billots de colombage.

De façon générale, les grandes entreprises de sciage de l'Est canadien se sont peu intéressées à l'optimisation du tronçonnage. Même si l'on reconnaît les nombreux avantages d'un tronçonnage informatisé, le niveau de production relativement faible de la plupart des scieries de résineux et le coût élevé des optimiseurs de tronçonnage font qu'il est difficile de les justifier. On leur préfère un optimiseur d'aboutage, lequel augmente le rendement d'environ cinq pour cent et traite l'ensemble de la production. De plus, le nombre de tiges étant très élevé, les grandes scieries se verraient dans l'obligation d'installer plusieurs systèmes de tronçonnage pour obtenir la productivité nécessaire. Bien que les usines munies de systèmes plus ou moins avancés aient constaté de grandes améliorations à plusieurs points de vue, l'adoption généralisée d'optimiseurs de tronçonnage dans l'Est exigera que ceux-ci soient beaucoup plus productifs et abordables. Des études de rentabilité permettraient aux producteurs de bois d'évaluer leur potentiel.

Sur la côte de la Colombie-Britannique, le tronçonnage manuel demeure le plus courant, seulement 30 p.100 des scieries faisant appel à un optimiseur. Étant donné que les billes sont livrées à la scierie en longueurs multiples de la longueur cible, l'informatisation des décisions de tronçonnage paraît moins utile. Dans l'intérieur de la province, près de 50 p.100 des scieries utilisent un optimiseur de tronçonnage, et ce pourcentage dépasse 75 en Alberta. Cette situation est attribuable au fait que les immobilisations ont diminué en Colombie-Britannique ces dernières années, et qu'elles ont surtout bénéficié la région de l'intérieur. Dans les deux régions de cette province, les machines utilisées sont plus vieilles (11 ans en moyenne) qu'en Alberta (six ans en moyenne).

En raison de leur capacité et de leur puissance de calcul limitées, les premiers optimiseurs de tronçonnage ne pouvaient pas simuler en temps réel le débitage de chacune des billes de sciage à la cadence imposée par l'usine. Pour pallier à ce problème, on doit utiliser des tables de référence contenant des valeurs de bille précalculées pour diverses catégories de longueur, de diamètre et de défilement. Les données du scanneur servent ainsi à déterminer le profil de chaque bille et sa valeur est donc estimée à partir du profil le plus proche dans la table. Étant donné que les dimensions et la forme des billes varient à l'infini, il est impossible d'évaluer tous les profils de billes concevables, si bien que les tables de référence ne donnent qu'une très faible approximation de la valeur des billes de qualité inférieure.

Avec les récents progrès de l'informatique, il est maintenant possible de déterminer en continu le rendement de chacune des billes et la plupart des optimiseurs de tronçonnage récents fonctionnent en temps réel. Malgré tout, les tables de référence sont toujours en usage dans bien des scieries. Il serait souhaitable que les scieurs puissent mesurer avec précision les coûts et les avantages des systèmes fonctionnant en temps réel de façon à comparer leur rendement à celui des systèmes utilisant des tables de référence.

Les optimiseurs de tronçonnage actuels ont un autre point faible : le manque de précision. La plupart d'entre eux utilisent des scanneurs x-y mais étant donné que l'usage de scanneurs en profil réel est de plus en plus répandu, les scieurs doivent pouvoir apprécier leurs avantages potentiels. Tant que les données des scanneurs sont inexactes, le programme d'optimisation est incapable de calculer la meilleure solution de tronçonnage possible. Il est donc essentiel que la bille soit stable sur le convoyeur quand elle passe devant les scanneurs. Cette stabilité est particulièrement difficile à obtenir avec les billes difformes, lesquelles ont davantage tendance à sauter ou à glisser pendant le scannage. Quand une bille glisse, le système surestime sa longueur réelle. Avant d'adopter un système de scannage en profil réel, il conviendrait de quantifier sérieusement dans quelle mesure le spectre des erreurs de scannage liées au système de transport viendrait influencer l'amélioration anticipée au chapitre de la précision du scannage.

Dans les climats froids, les possibilités d'amélioration aux systèmes de scannage et de tronçonnage peuvent être limitées par le fait que le tronçonnage a généralement lieu à l'extérieur.

Projections technologiques

- *Introduire la mesure en continu de la longueur et du diamètre des billes tronçonnées et remplacer les tables de référence par des données en temps réel pour améliorer la qualité des décisions.*
- *Mettre au point et installer un système de transport et de maintien des tiges capable d'assurer leur stabilité durant le scannage et le tronçonnage. Inclure un processus d'évaluation facile de la performance du système amélioré.*
- *Étudier la possibilité de nettoyer les tiges (bassins?) pour éliminer la terre, laquelle fausse les lectures du scanneur. Cette opération de nettoyage protégerait aussi les divers outils de coupe dans la scierie.*
- *Si les tiges ont été scannées et identifiées en forêt ou dans le parc à grumes, relier ces données à celles recueillies au tronçonnage.*

Percées technologiques

- *Créer et mettre en œuvre un appareil de scannage intégral (« through-the-log ») qui fournira les données nécessaires aux logiciels d'optimisation et aux décisions de tronçonnage. Si l'on disposait d'un scanneur intégral, l'opération de tronçonnage n'exigerait sans doute pas une information aussi précise que pour le premier débit. La section 4.6 donne des précisions supplémentaires sur la technologie du scannage.*

4.5 Écorçage

Technologie actuelle

Il existe de nombreux types d'écorceuse mais, dans les scieries de résineux, c'est sans conteste l'écorceuse à rotor qui est la plus populaire. Typiquement, six outils fixés à un anneau rotatif grattent la surface de la bille sous la pression de cylindres pneumatiques et détachent l'écorce du bois au niveau du cambium. Le rapport entre la vitesse de rotation, le nombre d'outils de coupe et leur largeur est conçu pour assurer un recouvrement d'environ cinq pour cent d'une passe sur la précédente aux vitesses d'avance normales.

La machine idéale serait capable d'écorcer les billes à haute vitesse indépendamment de leur essence et de leur état (vert, sec ou gelé). Elle serait aussi capable de s'adapter à une large gamme de diamètres et de longueurs.

En ce qui concerne l'écorçage, les conditions de travail sont plus difficiles dans l'Est du Canada que dans la plupart des régions de l'Ouest. En effet, les billes tendent à être plus petites et, fréquemment, plus sèches et plus tendres, ce qui augmente les risques d'arrachement de fibres. Les dommages sont principalement dus à l'ouverture et à la prise de contact des outils et des rouleaux d'amenage. Étant donné que les usines de l'Est écorcent souvent des billes courtes, les risques de dommages se trouvent multipliés.

L'écorçage est un poste longtemps négligé dans les scieries car il est très difficile d'évaluer l'incidence économique des pertes de bois qui s'y produisent. Les machines sont efficaces et capables d'effectuer un bon travail. Malheureusement, pour des raisons de coût, on leur accorde rarement l'attention qu'elles méritent et on tarde beaucoup trop à remplacer les pièces usées. Il est indispensable de trouver une méthode pour contrôler la qualité de l'écorçage et documenter son efficacité.

Les innovations récentes en matière d'écorçage, telles l'utilisation d'outils de coupe plus légers et l'application d'une pression variable en fonction du diamètre de la bille, ont substantiellement augmenté l'efficacité des écorceuses. Il est désormais possible d'écorcer correctement les billes sans arracher trop de bois. S'il reste des progrès à faire, c'est surtout pour l'écorçage d'hiver, certains bois comme le sapin baumier étant très difficiles à écorcer lorsqu'ils sont gelés. Des essais ont eu lieu sur diverses techniques pour détacher l'écorce du bois de billes gelées, mais il reste beaucoup de recherche à faire. La manutention des billes avant, pendant et après l'écorçage pose encore des problèmes. De plus, il est essentiel, pour obtenir de bons résultats, de ne laisser passer qu'une bille à la fois dans l'écorceuse.

Les incendies de forêt qui ont eu lieu ces dernières années en Colombie-Britannique et en Alberta ont créé dans certaines régions d'énormes stocks de bois brûlé à scier. Cette situation a engendré des problèmes particuliers d'écorçage. Les écorceuses à double rotor donnent de bons résultats avec le bois brûlé. Certaines scieries équipées de machines à rotor unique en ont par ailleurs installé une deuxième derrière la première. De nombreuses scieries utilisent un carrousel qui permet d'identifier les billes mal écorcées de façon à leur faire subir une deuxième passe. Là où les acheteurs de copeaux n'acceptent pas le bois brûlé, ce sont les écorceuses de type « Rosserhead » qui sont les plus efficaces. On peut aussi avoir recours à des écorceuses à fléaux pour écorcer sur le parterre de coupe ou au centre de tri. Cette technique est peu populaire dans l'Ouest mais, si les pressions s'intensifient en rapport avec l'impact environnemental du bois brûlé (contamination des eaux lors de la manutention et l'entreposage), il pourrait s'avérer plus avantageux d'écorcer les billes en forêt.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre un système de contrôle de la qualité pour l'écorçage (basé, par exemple, sur la vision artificielle et l'analyse graphique) pour détecter les restes d'écorce et les dommages subis par les billes, et pour mesurer la quantité de bois dans les écorces ainsi que la quantité d'écorce dans les copeaux.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une technique pour dégeler superficiellement l'écorce des billes (par chauffage infrarouge ou micro-ondes, par trempage, etc.) de manière à faciliter l'écorçage d'hiver. Il existe déjà des méthodes mais il conviendrait de les adapter et d'établir leur rentabilité. Là où la productivité est critique, le traitement superficiel pourrait être intégré à une deuxième passe réservée aux billes mal écorcées lors de la première passe.*
- *Équiper les systèmes d'avance et les rotors de variateurs de vitesse, et donner à l'opérateur la possibilité de faire varier la pression des outils afin de lui permettre une plus grande souplesse pour écorcer les billes difficiles.*
- *Renforcer le maintien de la bille lors de l'écorçage et améliorer, de manière générale, la manutention en rapport avec ce poste.*

Percées technologiques

- *Concevoir une écorceuse intelligente faisant appel à un scanneur en profil réel, pour déterminer la forme de la bille sous écorce, et à un outil de type façonneuse, pour enlever l'écorce sous la commande d'un ordinateur.*

4.6 Scanneurs et systèmes de positionnement

Technologie actuelle

Les scanneurs de billes servent principalement à mesurer le profil externe des billes soit pour les trier, soit pour les positionner et optimiser les décisions de sciage. On trouve dans les scieries plusieurs types de scanneur :

a. Les scanneurs à rideau d'ombre utilisent les radiations infrarouges. La bille traverse un rideau de lumière produit par un émetteur et le diamètre de la bille est lu par un récepteur. La résolution est généralement de 2,5 mm (0,1 po), soit l'espacement entre les rayons lumineux. Certains appareils fonctionnent sur un seul axe (un seul jeu d'émetteur-récepteur) alors que d'autres fonctionnent sur deux, voire trois axes (trois jeux d'émetteur-récepteur). Les appareils à deux axes sont les plus populaires car ils donnent une représentation tridimensionnelle assez réaliste de la bille (y compris les courbes).
b. Les scanneurs au laser sont basés sur une caméra à haute résolution et un système de triangulation qui leur permet de lire l'image d'un rayon laser dévié par la surface de la bille. Une série de points correspondant à la périphérie de la bille donne une représentation précise de son profil. Les scanneurs en profil réel sont capables de lire des centaines de points par segment de 25 mm (un pouce) le long de la bille. La plupart des optimiseurs modernes font appel à cette technique.

Parmi les appareils de scannage en cours de développement, on peut mentionner ceux qui utilisent les rayons X, les ultrasons et la résonance magnétique, ainsi que l'imagerie par tomodensitométrie pour détecter les défauts internes des billes. Ils sont cependant encore coûteux, leur précision est discutable, et ils ne fonctionnent pas assez vite pour les chaînes de production.

Les problèmes de scannage sont généralement dus au transport et au maintien de la bille, étant donné que les mouvements latéraux conduisent à des mesures erronées. Les chaînes à hache ne maintiennent pas la bille assez fermement, surtout quand le bois est gelé. Les fabricants de scanneurs se servent d'algorithmes pour filtrer les erreurs de lecture et minimiser le problème, mais un filtrage trop prononcé risque d'éliminer certaines distorsions réelles en même temps que le « bruit ».

Le scannage par instantanés offre l'avantage de scanner la bille alors qu'elle est immobile. Il faut cependant plusieurs unités pour obtenir une haute résolution, ce qui rend cette approche coûteuse. La technique du scannage par radar offre une résolution plus grande encore (un million de points par unité) et elle est utilisable pour le scannage par instantanés. Elle est aussi très onéreuse.

Projections technologiques

- *Déterminer et étalonner, pour une usine donnée, les corrélations entre les caractéristiques externes des billes et leurs défauts internes, à défaut de scannage interne.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre une technique de scannage interne à capteurs multiples afin que l'on puisse tenir compte des défauts internes (pourriture, nœuds, etc.) dans les décisions de tronçonnage et de débitage.*

4.7 Triage des billes

Technologie actuelle

Dans l'Est du Canada, on trie les billes à l'aide de scanneurs dans le seul but de les répartir entre les chaînes de production ou tabliers d'accumulation en fonction de patrons de débitage préprogrammés. Le triage a rarement pour objectif de fabriquer des produits particuliers mais plutôt de maximiser la productivité.

Même si la production de produits primaires domine toujours l'industrie, certaines scieries ont commencé à s'intéresser aux méthodes européennes, lesquelles tendent à privilégier les caractéristiques de produit en demande et la diversification commerciale. Il existe des entreprises où certaines scieries sont spécialisées dans la fabrication de produits à valeur ajoutée pour des créneaux de marché particuliers. On attache alors une plus grande importance au triage des billes en rapport avec les produits recherchés. On peut s'attendre à ce que cette pratique se répande à mesure que les producteurs voient la nécessité de diversifier leur production et de maximiser leur rendement valeur. Comme pour toutes les techniques d'optimisation, les petites billes présentent des difficultés supplémentaires (du fait de leur faible diamètre, de la vitesse d'avance, de leur faible valeur, etc.) et les perspectives de gain sont plus limitées (parce que la gamme de produits est plus limitée).

Compte tenu de la tendance observée à la diversification des produits, il pourrait s'avérer nécessaire dans un proche avenir de trier les billes de résineux en fonction de leurs défauts externes ou de la répartition des nœuds. Éventuellement, le classement pourrait se faire automatiquement à l'aide d'un scanneur capable d'identifier les défauts. La manutention du bois avant, pendant et après le triage présente aussi des difficultés.

4.8 Premier débit

Technologie actuelle

Au cours des dix dernières années, les fabricants de bois d'œuvre de l'Est du Canada ont réalisé des progrès technologiques importants. Dans la plupart des scieries, l'équipement utilisé pour le premier débitage est des plus modernes et comparable à ce que l'on trouve dans l'Ouest. Les postes de travail sont totalement optimisés et les appareils de rotation et de positionnement des billes sont commandés par des systèmes sophistiqués de scannage.

Le point faible au niveau du premier débitage demeure les éléments mécaniques chargés d'exécuter les solutions de sciage choisies par les logiciels d'optimisation. Les billes tendent à se déplacer continuellement pendant le positionnement et le débitage. Ceci pose un sérieux problème car le débitage exige que la rotation et le positionnement de la bille soient effectuées avec grande précision et que le système de transport puisse maintenir la bille dans la bonne position. Le problème se trouve compliqué lorsqu'il faut exécuter ces opérations à des vitesses d'avance de plus de 150 m/min (500 pieds/min) et avec des billes de moins de 7,5 cm (3 po) dans les scieries de petites billes. Une plus grande précision des tournebilles, convoyeurs et dispositifs de maintien permettrait d'augmenter considérablement le rendement en volume et en valeur.

Le régime de production élevé des scieries de l'Est a aussi pour effet que les logiciels d'optimisation ne sont pas utilisés pleinement. Le temps disponible pour les calculs est si court que l'ordinateur n'évalue souvent qu'une liste partielle de solutions de sciage possibles. Il faut donc améliorer la puissance des logiciels et des ordinateurs pour que les calculs d'optimisation puissent être réalisés au complet avant que la décision de débitage ne soit prise.

Équarrisseuse-déchiqueteuse – Pour les chaînes de grosses billes, le premier débit est généralement confié à une équarrisseuse-déchiqueteuse couplée directement à une scie circulaire ou scie à ruban jumelée qui produit un équarri à deux faces. Pour les petites billes, on trouve divers types d'équipement, depuis les équarrisseuses-déchiqueteuses jusqu'aux machines totalement intégrées, telles qu'équarrisseuses-déchiqueteuses quatre faces (Hewsaw, DDM6, etc.). Ces dernières combinent le premier et le second débit en une seule opération. Elles font aussi appel aux techniques modernes de scannage et de sciage en courbe. Cependant, elles tendent à négliger la rotation des billes pour assurer une cadence de production élevée. Le degré d'optimisation à ce poste est très variable. La manutention du bois est souvent difficile et les chaînes à hache posent des problèmes dans de nombreuses scieries. Pour obtenir des copeaux de qualité, on utilise un plus grand nombre de couteaux et des variateurs de vitesse électriques.

Le réglage et l'entretien des couteaux et pièces connexes sont alors très importants, de même que le choix d'un moteur adapté à la tâche.

Scies à rubans jumelés – La manutention du bois est également délicate à ce poste. Le plus souvent, on utilise encore des chaînes à hache pour pousser les billes dans la scie de tête. Les scies à rubans jumelés sont des machines coûteuses qui exigent beaucoup d'attention car elles demandent un bon affûtage et un entretien régulier. Il faut fréquemment vérifier l'alignement, la lubrification, les déflecteurs à sciure et les régulateurs de tension. Lorsqu'elles sont directement reliées à une équarrisseuse-déchiqueteuse, les scies à rubans jumelés tendent à contaminer les copeaux avec leur sciure.

Scies de tête à lames circulaires jumelées – On trouve encore, dans quelques scieries, d'anciennes machines à voie large. Leur coût de fonctionnement est très faible mais les pertes de bois sont substantielles. Quand on remplace ces machines par de nouvelles scies à voie mince, les changements qui s'imposent dans l'atelier d'affûtage, notamment pour le tensionnage, peuvent être difficiles à réaliser. Dans bien des cas, les systèmes de guidage sont faibles. Les lames à œil cannelé ont tendance à s'arrondir avec l'usure, et, dans la plupart des scieries, on boulonne à la lame un petit collier qui augmente la surface de contact.

Alimentation double longueur – Les postes d'alimentation double longueur assurent une optimisation maximale. Ils comportent des systèmes mécaniques et hydrauliques avancés; ces derniers peuvent s'avérer fragiles dans certains cas. C'est souvent là qu'on retrouve la première «boîte noire» dans l'usine. De nombreuses scieries manquent de place pour installer une alimentation double longueur et se tournent vers d'autres moyens pour obtenir les mêmes résultats avec l'équipement dont elles disposent (alimentation simple longueur, ou longueur et demie).

Dans l'Ouest, le système de premier débit actuellement le plus populaire est une combinaison d'alimentation double longueur, d'une équarrisseuse-déchiqueteuse et d'une scie quadruple (généralement à ruban). Le système ainsi obtenu est hautement optimisé et productif, mais le maintien et le positionnement des billes laisse encore à désirer. Son rendement s'améliorerait considérablement si l'on pouvait ajouter un dispositif de transport de billes à griffage en bouts, lequel assurerait une bonne stabilité pendant le scannage et la rotation ainsi que pendant le déchiquetage et la première coupe.

Convertisseurs de petites billes – Ces machines sont devenues populaires dans l'industrie au cours des dernières années. Compactes, elles sont capables de scier même de très petites billes à grande vitesse. Comme elles débitent la bille en une seule passe, elles permettent d'éliminer les multiples scannages et positionnements, ainsi que les sous-produits correspondants et, bien sûr, le coût de ces opérations.

Griffage en bouts – Le griffage en bouts est une méthode très prometteuse pour assurer le maintien et le positionnement précis des billes lors du premier débit. Elle réduit largement les mouvements de la bille, ce qui donne un meilleur scannage. Pour les scieries de petites billes, comme on en trouve dans l'Est du Canada, son principal inconvénient est que le volume de production est limité. Il en existe pourtant au moins un modèle, dans une scierie de colombages du Québec, qui alimente 42 billes à la minute.

Scies à ruban à chariot – Sur la côte Pacifique, le mode de débitage le plus commun consiste à scier la bille selon le défilement avec une scie à ruban simple ou bicoupe, en tournant progressivement la bille sur un chariot. C'est une méthode qui donne à l'opérateur toute latitude quant aux décisions de sciage et lui permet de produire des sciages de qualité (bois clairs, qualité atelier) à partir de billes de fort diamètre. Les scanneurs sont en usage avec les chariots depuis plus de 15 ans et ils servent à assurer l'alignement optimal de la bille, le positionnement des griffes et l'épaisseur de la première coupe. On a surtout recours à une technique de scannage

qui fait appel à un rideau de cellules photoélectriques pour détecter la première extrémité de la bille sur le chariot.

Le principal inconvénient de la scie à ruban à chariot est sa faible productivité. Elle exige en effet plusieurs passes pour débiter une seule bille et les possibilités d'améliorer la productivité de cette machine sont limitées. Les scies à ruban à chariot sont également difficiles à aligner. Les problèmes d'alignement, d'étirement de lame, de diviseurs et de dimensionnement pointent vers la nécessité d'instaurer une méthode de détection en continu qui permettrait au personnel d'entretien de corriger rapidement ces problèmes.

Projections technologiques

- *Améliorer la puissance des ordinateurs et des logiciels d'optimisation afin qu'ils puissent évaluer toutes les solutions possibles et effectuer tous les calculs avant qu'une décision de débitage ne soit prise.*
- *Étudier la possibilité d'adapter le griffage en bouts à un plus grand nombre de situations de manière à limiter le mouvement de la bille et à réduire la différence entre solution calculée et solution réelle.*
- *Réévaluer l'ensemble de la technologie du maintien des billes dans le but d'éliminer les mouvements parasites lors du scannage et du sciage.*
- *Continuer la recherche de solutions techniques pour améliorer la qualité des copeaux et la surface de coupe des équarrisseuses-déchiqueteuses.*
- *Concevoir des outils et des techniques pour faciliter l'alignement et l'entretien des scies à ruban.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode de contrôle en continu des scies afin de détecter les tendances affectant la qualité du sciage et d'identifier les problèmes avant qu'ils ne provoquent des pertes de production. La même méthode permettrait de régler la vitesse d'amenage en fonction des caractéristiques du bois. Il existe déjà des dispositifs de ce genre mais ils doivent être adaptés.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode d'évaluation de produit et de rétroaction en continu pour comparer les produits obtenus aux solutions optimales recommandées par l'informatique. Au minimum, ceci devrait inclure une mesure de l'épaisseur et de la largeur des sciages. On peut aussi imaginer un scannage de la face de coupe (rugosité, traces de dents, etc.) qui détecterait l'usure des scies, les défauts d'affûtage ou autres problèmes.*

4.9 Deuxième débit

Technologie actuelle

Le deuxième débit s'effectue le plus souvent à l'aide d'une refendeuse à lames circulaires multiples. Dans les petites scieries, l'alimentation de cette machine se fait encore à la main, les opérateurs se guidant sur des lignes laser. Dans les usines plus grandes et plus modernes, des optimiseurs assurent le scannage et le positionnement des équarris pour le sciage. La précision des scanneurs en continu laisse parfois à désirer, mais l'introduction de convoyeurs à chaîne a corrigé la situation dans la plupart des cas. Les vitesses d'amenage sont très élevées. Pour les machines à lames guidées, le trait de scie est généralement de l'ordre de 3 à 3,3 mm (0,120 à 0,130 po). Certaines scieries d'avant-garde font tourner leurs scies circulaires à des vitesses supercritiques et réduisent le trait de scie à 2,0-2,3 mm (0,080-0,090 po). Il existe plusieurs types de scie à lames circulaires : scies circulaires doubles, refendeuses multiples à voie mince et machines pour le sciage droit ou le sciage en courbe.

La précision des scies s'est beaucoup améliorée grâce au guidage des lames à voie mince et aux arbres cannelés. Ces technologies ont aussi permis de réduire le volume de sciure produit ainsi que les dimensions cibles. On peut s'attendre à voir un nombre croissant de scies circulaires

doubles qui fonctionnent à des vitesses plus élevées. Les machines les plus récentes sont munies de courroies assurant la coordination des scies et des rouleaux d'amenage. L'alignement laisse souvent à désirer et les dispositifs de guidage sont relativement fragiles. Dans bien des cas, la puissance disponible est insuffisante. Par ailleurs, les fournisseurs offrent de nouveaux types d'arbres. Les arbres à cannelures trapézoïdales donnent de bons résultats. Les planches courbes posent des problèmes de manutention, si bien que les entreprises dotées de machines pour le sciage en courbe se voient souvent dans l'obligation de choisir entre limiter la cambrure des sciages (pour éviter la formation de bouchons sur la chaîne) et acheter du matériel spécialement conçu pour la manutention de bois cambré.

Ces dix dernières années, le deuxième débit a connu des progrès considérables en ce qui a trait à l'optimisation du sciage droit ou courbe. Les systèmes sont si développés qu'il est devenu difficile de contrôler leur performance. Les logiciels d'optimisation et appareils de scannage ont pris une grande avance sur les dispositifs mécaniques chargés d'exécuter les instructions de l'informatique. Il serait donc utile de créer un appareil intelligent, capable de rétroaction sur les opérations exécutées à ce centre de fabrication : positionnement du bois, patron de sciage, produits obtenus, etc. Il est également urgent de mettre au point des dispositifs de transport capables de maintenir fermement l'équarri dans la position voulue.

Le nombre de petites scies à ruban, équipées de volants de 900 mm (36 po) ou moins, s'est multiplié au cours des dernières années. Elles jouent maintenant un rôle considérable dans la deuxième transformation. À mesure que leur conception et la technologie des lames se perfectionnent, on risque de voir ces machines apparaître dans le secteur primaire, pour les petites billes.

Délignеuses – En Colombie-Britannique et en Alberta, plus de 60 p.100 des délignеuses sont optimisées. On observe toutefois des différences marquées entre la région côtière et le reste de l'Ouest. En Alberta et dans l'intérieur de la Colombie-Britannique, plus de 80 p.100 des délignеuses sont optimisées, alors que ce pourcentage tombe à 40 p.100 sur la côte. On voit donc que l'innovation technologique a bénéficié aux producteurs de bois d'œuvre plutôt qu'aux fabricants de produits spécialisés. Les optimiseurs actuels donnent d'excellents résultats au chapitre de la dimension des sciages mais il reste encore beaucoup de développement à faire pour l'optimisation de la gestion des défauts.

Lorsqu'elles sont munies d'optimiseurs, les délignеuses entrent presque toujours en conflit avec les ébouteuses optimisées. Il faut donc trouver le moyen d'harmoniser les deux systèmes afin d'obtenir les meilleures décisions de délignage et d'éboutage. La qualité de surface est variable quand la machine comporte une tête supérieure. Il existe peu de modèles munis de trois têtes déchiqueteuses. La manutention des planches avant et après le délignage n'est pas toujours bien réglée.

Dans certaines scieries, il arrive que la capacité de la délignеuse soit marginale, ce qui en fait un fréquent goulot d'étranglement. La capacité des scanneurs est en moyenne de 60 planches à la minute alors que les délignеuses dépassent rarement 40 pièces à la minute.

Ébouteuses – Comme dans le cas des délignеuses, la majorité (environ 80 p.100) des ébouteuses utilisées sur la côte Pacifique ne sont pas optimisées, alors que dans le reste de l'Ouest, elles le sont à près de 80 p.100. Les systèmes à l'étude visent la productivité en même temps qu'une plus grande souplesse. On voit fréquemment des vitesses de 120 à 150 taquets à la minute. D'autres nouvelles options sont également courantes telles l'éboutage en longueurs impaires, le « cut-in-two » et l'éboutage pour défaut central. Il faudrait maintenant trouver le moyen de manutentionner efficacement les planches cambrées provenant des refendeuses multiples à sciage courbe.

On voit apparaître un nombre croissant d'ébouteuses multilames équipées de petites lames tournant à très haute vitesse pour donner une coupe nette (une qualité encore plus importante

pour les pièces rabotées). On obtient d'excellents résultats dans cette application avec de petits moteurs hydrauliques. Pour les planches larges cependant, il faut veiller à ce que la puissance du moteur soit suffisante car les moteurs hydrauliques ont tendance à caler quand ils sont surchargés. Dans bien des cas, le positionnement manque de précision. Certains utilisent des lames de scie biconcaves pour les bois secs. Ces lames connaissent en effet un regain de popularité pour cette application en raison de leur grande productivité. Les butées escamotables utilisées pour le redélignage ne sont pas toujours très efficaces, et la situation s'aggrave encore lorsque les pièces sont cambrées.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre un appareil perfectionné pour scanner la forme des pièces.*
- *Élaborer et mettre en œuvre un meilleur dispositif de transport capable de déplacer les pièces mal formées (pièces cambrées provenant du sciage en courbe, etc.) sans les endommager. Il s'agira vraisemblablement d'un système linéaire.*
- *Élaborer des techniques et des outils pour faciliter l'alignement des scies doubles.*
- *Renforcer la puissance des ordinateurs et des logiciels d'optimisation de manière à ce qu'ils puissent étudier toutes les solutions possibles et terminer leurs calculs avant qu'une solution de débitage ne soit retenue.*
- *Améliorer les dispositifs de maintien des pièces pour éliminer tout déplacement latéral lors du sciage.*
- *Perfectionner les dispositifs de butée de manière à augmenter le nombre de possibilités tout en améliorant la précision.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode de contrôle en continu du rendement des scies afin de suivre la qualité du sciage et de détecter les problèmes avant qu'ils ne causent des pertes de production. La même méthode peut servir à régler la vitesse d'amenage. Il existe déjà des systèmes de ce genre mais il faut les adapter.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode d'évaluation de produit et de rétroaction en continu pour comparer les produits obtenus aux solutions optimales recommandées par l'informatique. Il faudrait au minimum mesurer l'épaisseur des sciages et leur largeur. On pourrait aussi imaginer un scannage de la face de coupe (rugosité, traces de dents, etc.) qui détecterait l'usure des scies, les défauts d'affûtage et autres problèmes. On pourrait aussi commander la vitesse d'amenage, la vitesse des outils de déchiquetage et celle des lames de scie.*
- *À titre intérimaire, créer une méthode de contrôle des pièces hors ligne de manière à ce que les opérateurs puissent vérifier un nombre raisonnable de pièces (tout échantillonnage de plus de six pièces constituerait une amélioration dans certaines scieries).*
- *Poursuivre le développement et l'optimisation du sciage à vitesse supercritique (voir section 4.11).*

Percées technologiques

- *Créer un scanneur complexe capable de détecter les défauts géométriques, les autres défauts superficiels (carie, nœuds, fentes, piqué, etc.) ainsi que les défauts internes à vitesse industrielle. Ce système serait vraisemblablement linéaire et comporterait une variété de capteurs de types différents. L'information obtenue servirait à la déligneuse et à l'ébouteuse. Le système serait aussi évolutif, c'est-à-dire capable de s'améliorer à partir de sa propre expérience (réseau neuronal).*
- *Optimiser la précision du sciage et la qualité de surface de manière à ce qu'il soit possible de remplacer le rabotage par un simple ponçage ou de l'éliminer totalement, au moins pour certaines applications.*

4.10 Autres concepts de débitage

Des essais ont eu lieu dans le passé sur des concepts différents de débitage comme le sciage vibratoire et le tranchage. Ces techniques ne sont jamais parvenues au stade de la commercialisation et elles semblent aujourd'hui totalement abandonnées. Les machines de coupe à jet d'eau sont employées pour la découpe de formes complexes dans divers matériaux en feuilles, y compris les panneaux de bois, mais elles ne semblent pas applicables à la production de bois d'œuvre, trop épais pour cette technique. En ce qui concerne la coupe au laser, elle n'a pas non plus trouvé sa place dans la fabrication normale du bois du sciage.

Les entrevues avec le personnel de Forintek et les représentants de l'industrie ont fourni divers exemples de produits de bois fabriqués par des méthodes différentes. Dans certains cas, on coupe le bois en sections modulaires que l'on assemble ensuite par aboutage, collage sur chant ou collage sur face. Le chapitre 7 du présent rapport, sur les bois d'ingénierie, traite de ces produits. Dans d'autres cas, on déroule, on tranche ou on coupe le bois en lamelles, et on recombine ensuite les éléments en donnant au produit la forme voulue à l'aide d'un adhésif. Les produits de ce type (bois lamellé de type LVL, contreplaqué, panneau de lamelles orientées [OSB], panneau de particules et panneau de fibres de moyenne densité [MDF]) ont fait l'objet d'une autre carte technologique.

Diverses techniques ont été proposées pour remplacer les équarris et sections carrées traditionnelles par des sections conçues pour maximiser le rendement des billes, généralement trapézoïdales. On assemble ensuite les pièces ainsi obtenues en panneaux à l'aide d'un adhésif, et on déligne les panneaux à la largeur voulue. Comme pour la récupération de planches et autres petites sections, la faisabilité de ces techniques est affaire de rentabilité plus que de technologie, et l'on peut s'attendre à les voir se répandre à mesure que la valeur du bois augmente. On trouvera au chapitre 7, sur les bois d'ingénierie, un exposé sur la technologie du collage à fins structurales.

4.11 Ateliers d'affûtage

Technologie actuelle

Les principales innovations en matière de scies ces dernières années ont porté sur la mise en œuvre de lames à voie mince et la généralisation des guide-lame. Ces technologies ont donné lieu à une augmentation substantielle du rendement matière grâce à la réduction du trait de scie et des variations d'épaisseur. De nouveaux outils sont maintenant à la disposition des affûteurs et facilitent leur travail. Les machines à niveler et à tensionner sont un premier pas timide vers l'automatisation complète de la préparation des scies. L'appareil VTI, créé par Forintek pour l'inspection des dents de scie connaît un certain succès dans l'Ouest, mais les scieurs de l'Est ne lui accordent qu'un intérêt limité. Certaines scieries américaines ont adopté des lames de scie à ruban à pas variable, mais très peu de scieries canadiennes semblent vouloir suivre leur exemple.

Les scieries de l'Est utilisent pour la plupart des meules pneumatiques automatiques pour le dessus, la face et le côté des dents. Elles sont de plus en plus nombreuses toutefois à se procurer du matériel d'affûtage moderne. Les scieries de l'Est ont généralement peu investi dans leur atelier d'affûtage sauf pour améliorer les guides de scie. Dans les petites scieries, on affûte encore souvent les lames de scie circulaires à la main. Les systèmes de ventilation et de protection sont trop rares, et l'on prête généralement une attention insuffisante aux questions de santé et de sécurité. Plusieurs fournisseurs proposent des lames en acier inoxydable et des lames composites (munies de dents de céramique brasables, par exemple) mais les scieries ne semblent pas considérer cette nouvelle technologie comme rentable. Certaines scieries utilisent avec succès des scies circulaires à vitesse supercritique, mais il reste beaucoup à apprendre sur ce genre de techniques et sur la manière de les optimiser.

En ce qui touche aux déchiqueteuses et équarrisseuses-déchiqueteuses, il existe depuis un certain temps des couteaux jetables qui donnent d'assez bons résultats en usine. Malheureusement, la qualité de surface demeure discutable, surtout autour des nœuds où les fibres tendent à arracher. Il est possible d'éviter ce problème en combinant la déchiqueteuse à une scie, bien que ce soit une solution qui laisse beaucoup à désirer.

La préparation des scies et des couteaux ne semble pas toujours traitée avec autant de priorité que devrait exiger l'optimisation du rendement et de la qualité. Par ailleurs, l'apparition de machines automatiques à tensionner et à affûter a peut-être conduit certaines entreprises à négliger les compétences humaines et la nécessité de confier à un spécialiste la responsabilité de préparer les lames de scie et les couteaux, et d'assurer une rétroaction auprès des fournisseurs.

Projections technologiques

- *Poursuivre la recherche et le développement sur le sciage à vitesse supercritique et optimiser les caractéristiques des lames de scie et leur préparation à cette fin. Mettre aussi au point des guides sur les vitesses d'amenage optimales, etc.*
- *Élaborer la technologie appropriée pour améliorer la qualité des surfaces produites par les couteaux de déchiqueteuse.*
- *Évaluer et optimiser les nouveaux types de lames (acier inoxydable, dents de céramique, etc.) du point de vue de la qualité du bois et du rendement, de la vitesse d'amenage, de la facilité de préparation, du coût, de la durabilité, etc.*
- *Trouver une méthode pour affûter avec précision les lames de scie à voie mince en empêchant les dents de plier.*
- *Remplacer les lubrifiants utilisés pour l'affûtage par des produits plus écologiques.*
- *Continuer le développement et la mise en œuvre de guides autocorrecteurs.*
- *Proposer aux affûteurs de nouvelles techniques et des outils leur permettant d'évaluer la qualité de préparation des lames.*
- *Élaborer et mettre en œuvre des appareils permettant de mesurer la qualité du bois scié et d'informer systématiquement les affûteurs sur le rendement des lames de scie.*
- *Optimiser la géométrie des dents de scie de manière à améliorer l'état de surface des sciages de cèdre.*

Percées technologiques

- *Inventer un système de détection des roches dans les billes afin de prolonger la durée de coupe des lames de scie et éviter les temps morts.*

4.12 Triage du bois vert

Technologie actuelle

Ces dernières années, le triage du bois vert a pris une importance grandissante. La concurrence se faisant plus dure sur le marché des bois séchés, les producteurs ont dû resserrer leurs normes de qualité pour améliorer l'apparence de leurs produits finis (pièces plus droites) et réduire les variations d'humidité. Pour les scieries intéressées à la valeur ajoutée, qu'il s'agisse de bois d'ingénierie ou de bois d'apparence, un séchage de meilleure qualité s'imposait (diminution des variations d'humidité d'une pièce à l'autre, diminution des variations à l'intérieur d'une même pièce). Les produits à valeur ajoutée étant plus affectés par l'essence que les produits de base, ces mêmes entreprises veulent trier leurs bois selon les essences.

Compte tenu des difficultés qui existent à sécher ensemble les bois du groupe ÉPS, on a recours au triage par essences pour diminuer la proportion de pièces surséchées. C'est aussi un moyen

de respecter les normes sur le pourcentage de pièces « humides » et de réduire de façon substantielle les coûts en réduisant le temps total de séchage. Certaines usines parviennent à trier leur matière première par essences, et l'opération a généralement lieu en forêt où la ségrégation visuelle est la plus facile. Pour beaucoup de scieries cependant, le triage en forêt n'est pas envisageable car les variations de dimensions entre les billes créent des problèmes d'efficacité au sciage. Comme il existe aussi des variations dans les caractéristiques de séchage à l'intérieur d'une essence, les scieries s'intéressent aux techniques permettant de trier les bois en fonctions d'autres critères reliés à leur « potentiel de séchage ». Le potentiel de séchage est notamment affecté par la présence de zones humides dans certaines essences telles que le sapin subalpin ou baumier, le tremble et le peuplier. La répartition de ces zones humides dans la tige est aléatoire et elles semblent être le résultat d'infections bactériennes. Elles sèchent beaucoup plus lentement que le bois normal, si bien que l'on retrouve fréquemment des poches d'humidité dans le bois séché.

Les méthodes de triage en usage dans l'industrie sont basées sur le poids des pièces, la propagation d'ondes de radiofréquence (RF), la chaleur spécifique du bois ou encore l'emploi de capteurs de proximité ou de systèmes MPB (laser). Une récente étude de scieries en Alberta et en Colombie-Britannique a révélé qu'environ 25 p.100 d'entre elles étaient équipées pour le triage du bois avant séchage. Les scanneurs sont disposés le long de la table de triage et l'information obtenue sert à trier physiquement le bois dans une trieuse à cases. Pour les usines existantes comme pour les nouvelles, l'augmentation de la capacité de triage pose des problèmes. Les cases supplémentaires et l'espace couvert servant à les abriter absorbent rapidement l'essentiel des investissements consacrés au triage. Certaines usines limitent le coût du système de triage en le limitant à une ou deux dimensions de bois, ou encore en combinant plusieurs longueurs dans la même case. Ailleurs, on a adopté d'autres solutions, comme celle qui consiste à ajouter une case de 2,50 mètres (8 pieds) à côté de la case existante de 5 mètres (16 pieds). Le mélange de longueurs crée d'autres problèmes étant donné que la plupart des empileuses employées dans les scieries de résineux ne sont pas conçues pour empiler des bois de longueurs différentes en paquets acceptables pour le séchage.

Le triage s'effectue de façon visuelle et il n'existe aucun appareil commercial permettant de trier efficacement des essences similaires telles que celles du groupe ÉPS. Il y a quelques années, Forintek a exploré une technique basée sur l'analyse de vapeurs utilisée pour la détection de drogues mais, pour diverses raisons, le projet n'a pas été poursuivi. Plus récemment, Forintek a proposé une méthode faisant appel aux propriétés physico-chimiques du bois (taux d'acidité, pH), et des essais en usine sont en cours. Il est probable que, dans la plupart des régions, on finira par adopter des solutions hybrides fondées sur plusieurs techniques comme, par exemple, un triage par essences combiné à un critère de masse ou de radiofréquence. Étant donné que le triage permet à la fois de réduire les pertes au séchage et d'augmenter la productivité, on peut s'attendre à ce qu'il demeure un sujet d'intérêt pour l'industrie. Des travaux de recherche sont en cours sur les caractéristiques de séchage des diverses essences, ainsi que sur de nouvelles méthodes de triage et de séchage.

Outre les critères de produit (produits de base / valeur ajoutée), le triage pourrait tenir compte de facteurs tels que la section et la longueur des pièces, l'essence, la qualité, la teneur en humidité, la masse spécifique ou le potentiel de séchage (c'est-à-dire une combinaison de facteurs décrivant la capacité de séchage d'une pièce de bois à un taux donné). Le logiciel OASiS, élaboré par Forintek, permet de trier les bois en lots de pièces possédant des caractéristiques de séchage similaires, et donc de limiter le nombre de cases supplémentaires. Il conviendrait de poursuivre le développement de logiciels de ce type et d'y ajouter des modules d'analyse économique.

Projections technologiques

- *Étudier et proposer de nouvelles méthodes (triage multi-étapes) permettant de limiter le nombre de catégories.*

- *Proposer et mettre en œuvre des méthodes de triage rapides et précises, faisant appel à des données vives, de manière à améliorer l'efficacité de séchage tout en réduisant les pertes. Les critères de triage envisageables sont l'essence, la teneur en humidité, la masse et autres facteurs reliés au potentiel de séchage.*
- *Proposer des méthodes permettant d'étalonner correctement les humidimètres en ligne ou portatifs (résistance ou RF) ou établir des corrélations de façon à ce que toutes les mesures d'humidité à l'intérieur d'une scierie soient comparables et utilisables dans des bases de données communes.*
- *Proposer et mettre en œuvre un moyen de mesurer avec précision la teneur en humidité des bois gelés.*
- *Proposer et mettre au point un moyen de détecter, dans le bois vert et brut de sciage, les zones susceptibles d'entraîner des pertes au séchage.*
- *Poursuivre le développement et la mise en œuvre d'une technologie de reconnaissance des essences.*
- *Réévaluer les stratégies de séchage (faisabilité technique et économique) dans le but de diversifier les produits.*

Percées technologiques

- *Élaborer le concept de potentiel de séchage comme indice permettant d'identifier les pièces pouvant être séchées en un seul lot et de diminuer ainsi le nombre de catégories au triage. Proposer une technique faisant appel à une série de critères (poids spécifique, humidité, masse, essence, etc.) pour trier les bois en groupes présentant le même potentiel de séchage.*

4.13 Protection du bois vert

Technologie actuelle

La coloration et les moisissures risquent de continuer à se développer sur le bois vert en attente d'expédition ou de chargement dans le séchoir. Les questions touchant à la protection du bois vert destiné à l'expédition sont traitées à la section 4.17. Le bois destiné au séchoir doit être baguetté et introduit dans le séchoir le plus rapidement possible. Si des retards sont inévitables, il faut le placer dans un endroit bien aéré de manière à faciliter le séchage à l'air. Certaines scieries protègent les piles de la pluie à l'aide de petites toitures amovibles. Durant la saison chaude, les bois qui ne sont pas introduits rapidement dans le séchoir risquent d'être attaqués par les champignons. Heureusement, les champignons de coloration et de bleuissement qui se développent ne sont généralement que superficiels; ils seront tués par la chaleur et éliminés au rabotage. On emploie les traitements antibleuissement là où c'est nécessaire (voir section 4.17).

4.14 Séchage

Depuis 15 ou 20 ans, la proportion de bois résineux séchés ne cesse d'augmenter dans les scieries canadiennes, bien que cette proportion varie d'une région à l'autre. Les différences sont liées au fait que les secteurs de l'Est et de l'Ouest approvisionnent traditionnellement des marchés différents. Dans l'Ouest, l'industrie sèche depuis longtemps presque tous ses bois ÉPS de qualité supérieure, alors que le sapin de Douglas et le groupe pruche-sapin sont ordinairement vendus à l'état vert. Dans l'Est par contre, il existe encore une certaine demande pour le bois vert. À travers le pays, un certain nombre d'usines traitent aussi le bois à la chaleur pour des raisons phytosanitaires.

L'industrie a généralement augmenté de façon importante sa capacité de séchage au cours des 10 dernières années, surtout au Québec et dans les Maritimes. On estime à 80 p.100 la proportion des bois d'œuvre résineux expédiés à l'état sec dans l'Est et on peut s'attendre à ce

que, sous la pression du marché, la capacité de séchage continue à grossir dans toutes les régions (ÉPS dans l'Est, pruche-sapin et sapin de Douglas dans l'Ouest).

Les méthodes actuelles de séchage sont toujours conçues en fonction de produits de base dont la valeur est relativement faible. C'est pourquoi l'équipement et les techniques visent à obtenir un roulement rapide au coût le plus bas. La valeur des produits et leur nature ont déjà commencé à évoluer et vont continuer. Au fur et à mesure qu'augmente la valeur des produits (bois d'oeuvre ou valeur ajoutée), le séchage prend une importance croissante. Actuellement, la majorité de l'équipement utilisé dans l'industrie des résineux est incapable de répondre aux besoins nouveaux en matière de séchage. Ceci amènera les scieurs à rénover leurs installations ou acquérir de nouveaux séchoirs.

4.14.1 Empilage et manutention

Technologie actuelle

Presque tous les producteurs de bois de résineux disposent de machines pour empiler et baguetter automatiquement les pièces à sécher. Ces machines sont toutes capables d'empiler le bois conformément aux besoins du séchage, surtout pour les longueurs paires. Les éléments critiques sont l'espacement et l'alignement des baguettes. La plupart des usines tentent de trier leurs bois en catégories de longueur avant l'empilage, ce qui permet d'obtenir des paquets bien rectangulaires qui utilisent au mieux l'espace du séchoir. Lorsqu'il faut sécher des bois en longueurs assorties ou en longueurs impaires, les problèmes de déformation se font plus graves du fait que les pièces sont mal soutenues. Par ailleurs, les empileuses ont été créées à une époque où l'on séchait encore rarement les pièces courtes alors qu'il est devenu pratique courante de récupérer et de sécher des pièces de 1,8 m (6 pieds) ou même moins, là où il existe une chaîne d'aboutage. Toutes ces pièces courtes doivent être empilées en paquets réguliers si l'on veut obtenir de bons résultats.

Projections technologiques

- *Mettre au point des empileuses capables de donner des paquets rectangulaires à partir de pièces courtes et de longueurs variables de façon à accepter une gamme plus large de produits et à faciliter la récupération des pièces courtes.*
- *Mettre au point des méthodes de séchage sans baguettage.*

4.14.2 Installations de séchage

Technologie actuelle

Les bois d'œuvre de résineux sont pratiquement toujours séchés par lots dans de grands séchoirs fonctionnant sur le principe de l'apport de chaleur avec élimination de vapeur. Plus rarement, on a recours au principe de la déshumidification. Les autres systèmes de séchage, comme le séchage sous vide en présence de vapeur surchauffée, sont plutôt recommandés pour les produits difficiles à sécher, tels les fortes sections de pruche, les feuillus ou les produits à valeur ajoutée. Étant donné que le séchage est la seule opération non continue dans la scierie, on a souvent tenté de l'effectuer par d'autres méthodes. En général, on essayait d'utiliser un tunnel, un peu comme pour les placages, mais avec un système mécanique pour retenir le bois et prévenir le gauchissement. Aucune de ces tentatives n'a atteint le stade commercial.

4.14.2.1 Principes de fonctionnement

Le principe de fonctionnement des séchoirs à convection forcée consiste à élever la température du bois pour en extraire l'eau contenue, à laisser échapper la vapeur formée au moyen d'évents et à faire circuler l'air chaud dans l'enceinte du séchoir afin de créer des conditions de séchage

uniformes. La seule différence avec le système de déshumidification porte sur la manière dont s'effectuent l'apport de chaleur et la régulation de l'humidité relative.

On distingue deux types de séchoir à convection forcée selon leur température de fonctionnement. On parle de séchoirs à haute température lorsque celle-ci dépasse le point d'ébullition de l'eau à un moment donné du cycle de séchage. Les autres séchoirs sont considérés comme des séchoirs ordinaires, dits de type conventionnel. À toutes fins pratiques, il n'existe pas de différence formelle entre les deux types. Les séchoirs ordinaires atteignent fréquemment des températures de 93 à 99°C (200 à 210°F), alors que certains séchoirs à haute température se limitent à des maxima de 102 à 116° C (215 à 240°F). Bien que l'on retrouve ces deux types de séchoirs dans toutes les régions, leurs avantages et leurs inconvénients respectifs dans des situations données demeurent incertains. Dans le passé, les travaux de recherche ont surtout porté sur le taux de séchage. L'industrie actuelle s'intéresse cependant de plus en plus à la qualité des bois séchés et il serait utile d'étudier les effets des hautes températures sur les pertes au séchage.

4.14.2.2 Sources d'énergie et régulation de la température

Les séchoirs en usage dans les scieries de résineux sont généralement dotés d'un système de chauffage radiant alimenté au gaz naturel, au mazout ou aux résidus de bois. La prédominance de ce genre de chauffage est surtout attribuable à des considérations d'ordre économique. Compte tenu des prix actuels relativement faibles des combustibles fossiles, les scieries qui ont accès au gaz naturel n'ont aucune raison de chercher d'autres sources énergétiques. Certains séchoirs à convection forcée sont à feu direct. La chaleur est alors distribuée par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur dans lequel circule de l'huile chaude, de la vapeur ou de l'eau. Ces séchoirs utilisent le plus souvent des déchets de bois (écorces et sciures) comme combustible, mais quelques-uns fonctionnent au mazout, au gaz naturel ou au propane.

Même si, de prime abord, la combustion de résidus de bois semble tout indiquée pour un séchoir, l'investissement initial, la surveillance nécessaire et l'entretien supplémentaire liés à ce type de combustible le rendent peu désirable. Les scieries qui utilisent leurs résidus comme source d'énergie ont généralement d'autres bonnes raisons de le faire, notamment la nécessité de se débarrasser de leurs déchets ou encore la difficulté de se procurer un autre combustible à un prix abordable. Pour que les résidus de bois deviennent une source d'énergie envisageable pour les chaudières de petite ou moyenne taille adaptées aux séchoirs, il faudrait réaliser certains progrès technologiques, notamment en matière d'entreposage des résidus, de manutention, d'alimentation et de mesures antipollution. Il existe bien des solutions à plus grande échelle mais elles sont difficilement adaptables aux petites usines.

En théorie, le temps de séchage et la qualité du bois obtenu devraient être indépendants du type de chauffage employé. En réalité cependant, les séchoirs plus anciens, particulièrement ceux à feu direct, n'obtiennent pas un bon mélange d'air et de gaz de combustion à l'intérieur du séchoir. Ceci aggrave les variations de température dans l'enceinte et, par voie de conséquence, les variations de teneur finale en humidité. Il faut donc trouver des solutions pour aider les producteurs à obtenir les conditions nécessaires à un séchage uniforme.

4.14.2.3 Circulation de l'air

Les séchoirs à convection forcée et à déshumidification sont munis de ventilateurs qui assurent la circulation de l'air. En traversant les piles de bois, l'air réchauffe le bois et se charge de vapeur d'eau. Il faut donc que la circulation de l'air au travers de la pile soit suffisamment rapide pour minimiser les changements de température et d'humidité relative d'un bord de la pile à l'autre. La vitesse optimale varie en fonction de la largeur de la pile, de l'essence de bois à sécher et de la température de séchage. On recommande 2,5 à 3,5 m/s (500 à 700 pieds/min) pour les séchoirs modernes de type conventionnel et jusqu'à 5 m/s (1000 pieds/min) pour les séchoirs à haute

température. Il n'est pas rare que les séchoirs n'atteignent pas ces vitesses parce qu'ils sont vétustes ou en mauvais état.

Les séchoirs modernes sont le plus souvent munis de ventilateurs à vitesse variable. Les opinions sur l'efficacité de ces ventilateurs ne sont cependant pas unanimes. En dépit de plusieurs études sur le sujet, une certaine confusion subsiste dans l'industrie sur les conditions auxquelles il est possible de réduire la vitesse de l'air sans affecter le temps de séchage ou la qualité du bois.

4.14.2.4 Régulation de l'humidité

Dans la plupart des séchoirs à résineux, on règle l'humidité relative par le biais des évents et il n'existe aucun système d'humidification. Toutefois, comme les marchés exigent de plus en plus une teneur finale en humidité uniforme et une réduction des contraintes internes, les scieurs se dotent de séchoirs munis de systèmes d'humidification ou modifient les séchoirs existants. On ajoute de l'humidité par injection de vapeur ou par pulvérisation. Le système d'humidification peut aussi servir à modérer les conditions de séchage en début de cycle. Il serait utile de soutenir les efforts de l'industrie en perfectionnant les programmes de séchage à ce point de vue.

4.14.2.5 Contrôle du séchoir

Pour contrôler le processus de séchage, il faut connaître l'objectif recherché (humidité finale du bois, gradient maximal d'humidité entre le centre et la périphérie des pièces, tolérance de variations à l'intérieur des pièces et entre pièces, tolérance de pertes dues au séchage, tolérance de pièces surséchées et sous-séchées (pièces humides), et paramètres externes de temps et de coût). Il faut aussi connaître les conditions initiales (dimensions et masse du bois, teneur initiale en humidité, température, essences, caractéristiques de la pile, caractéristiques du séchoir, etc.), ainsi qu'un moyen d'agir sur les conditions de séchage (taux de séchage et ses effets sur la formation de contraintes).

La plupart des séchoirs à bois d'œuvre résineux sont dotés de commandes informatisées. En plus de mesurer et de régler avec précision la température et l'humidité, ces commandent comportent également un moyen d'évaluer la progression de l'opération de séchage en cours. À cette fin, on mesure à distance la différence de température au travers de la pile pour déterminer la teneur en humidité du bois, ou on mesure cette dernière directement à l'aide de sondes à résistance en courant continu. Il n'existe aucune technique permettant de déterminer et de suivre l'humidité de la charge du début à la fin du cycle de séchage, et encore moins de mesurer les variations et les contraintes internes. Il existe toutefois des plates-formes permettant d'évaluer la perte de poids des piles et, ainsi, de calculer la teneur en humidité. Cette technique demanderait toutefois à être perfectionnée. Il n'existe aucune instrumentation permettant de mesurer individuellement la teneur en humidité des pièces dans un grand séchoir industriel.

À défaut d'instrument efficace pour mesurer l'humidité du bois au cours du séchage, la seule solution possible fait appel à la télémétrie. Toutes les techniques indirectes actuellement en usage reposent sur la mesure d'une caractéristique du séchoir que l'on relie sur une base empirique à l'humidité du bois. Une autre méthode consiste à créer des modèles mathématiques prédisant la réaction du bois à certains conditions de température et d'humidité. Des travaux de recherche fondamentale sont en cours dans divers pays, dont le Canada, sur la formulation de tels modèles. La modélisation représente un moyen très intéressant de perfectionner l'opération de séchage et d'en pousser l'automatisation.

4.14.2.6 Prévention des contraintes et des déformations

Comme on l'a vu plus haut, les contraintes sont provoquées par les différences hygrométriques dans le bois. Les bons programmes de séchage ont précisément pour objectif de trouver un compromis acceptable entre le coût de séchage (essentiellement le temps de résidence) et la

qualité du produit (déclassement minimal). Les règles déterminant ce compromis varient en fonction des facteurs de coût et des caractéristiques de qualité recherchées. On emploie donc des programmes différents pour sécher le bois d'œuvre ordinaire et le bois destiné à la transformation secondaire. Pour limiter la déformation des pièces, on applique parfois des charges mortes au-dessus des piles, là où le bois est moins bien retenu et la circulation de l'air est plus intense. Il existe par ailleurs un séchoir muni d'un dispositif appliquant directement une charge sur les piles. Même si ce genre de technique permet d'améliorer le rendement au classement, il faut continuer à étudier le phénomène de formation des contraintes afin de limiter les déformations par le biais du triage, du programme choisi et de la commande du séchoir.

4.14.2.7 Dimensions et structure du séchoir

Les séchoirs à convection forcée sont généralement constitués d'une structure d'acier isolée posée sur une dalle de béton. Ils sont munis de grandes portes laissant le passage aux charges préempilées sur des chariots. Les séchoirs sont généralement construits de façon à coûter le moins cher possible; c'est pourquoi leur longévité est limitée. Les coûts d'entretien élevés qui en résultent expliquent peut-être, au moins en partie, pourquoi les séchoirs souffrent fréquemment de problèmes en rapport avec l'intégrité de l'isolation, l'étanchéité à l'air ou même l'entretien élémentaire. Il serait donc souhaitable de réexaminer la question et d'étudier les facteurs qui entrent dans le coût du séchage en rapport avec la valeur ajoutée au produit. Les frais occasionnés par un entretien déficient doivent être inclus dans ces coûts, au même titre que les frais d'entretien, de fonctionnement et d'investissement.

Il serait bon de réexaminer aussi les aspects économiques de la taille du séchoir. Les grands séchoirs actuels ont été conçus pour le bois d'œuvre. Au fur et à mesure que les produits se diversifient et que les spécifications se font plus exigeantes (particulièrement pour la transformation secondaire), les séchoirs de grandes dimensions ne sont peut-être plus la meilleure solution. Encore une fois, il faut effectuer des analyses économiques pour déterminer s'il est plus avantageux de produire les caractéristiques de qualité recherchées par le marché dans un grand séchoir, de petits séchoirs ou une combinaison des deux.

4.14.2.8 Autres types de séchoir

Le séchage sous vide en présence de vapeur surchauffée (V/VS) est une technique selon laquelle on sèche le bois à basse température (50 à 70°C), mais pourtant au-dessus du point d'ébullition de l'eau car on applique en même temps une pression négative d'environ 20 kPa (200 mbar). À cette température, le bois est plus résistant et donc moins sujet au déclassement. Les séchoirs V/VS sont particulièrement efficaces avec les essences difficiles à sécher (pruche, sapin baumier, etc.) et pour les pièces épaisses (au-dessus de 50 mm) qui exigeraient normalement un temps de séchage trois à cinq fois plus long. Les producteurs de bois européens, qui utilisent cette technique depuis plusieurs années, affirment qu'en plus de diminuer le temps de séchage, elle permet des économies d'énergie. Les essais réalisés au Canada confirment le potentiel du séchage V/VS. Il reste cependant des études à faire pour accélérer la phase de chauffage et pour introduire une phase d'équilibrage et de conditionnement en fin de cycle.

Le séchage à radiofréquence sous vide (RFV) fait appel aux mêmes principes sauf que l'énergie provient d'un courant alternatif à haute fréquence. Le bois proprement dit est un mauvais conducteur de l'électricité, mais les molécules d'eau dipolaires présentes dans le bois oscillent plusieurs millions de fois par seconde sous l'effet des changements de direction du champ électrique. Ceci entraîne un échauffement, comme dans le cas de la friction, et donc une élévation de la température et de la pression de vapeur dans le bois. La vapeur s'échappe par le chemin de moindre résistance, c'est-à-dire dans la direction longitudinale du bois.

Le séchage RFV permet de réduire le temps de séchage tout en améliorant la qualité des produits (diminution des problèmes de voilement, de torsion, de gerces et d'encroûtement). Il élimine aussi les problèmes de décoloration et de taches. Comme le V/VS, le séchage RFV

semble tout indiqué pour les produits de haute valeur et pour ceux qui exigent des temps de séchage très longs dans un séchoir ordinaire, y compris le bois affecté de zones humides.

Projections technologiques

- *Concevoir un module énergétique à base de résidus de sciage, de capacité faible à moyenne capacité, pour les séchoirs*
- *Trouver un moyen d'uniformiser la température dans les séchoirs à feu direct (séchoirs neufs et modification de séchoirs existants).*
- *Optimiser le mode d'utilisation des ventilateurs à vitesse variable.*
- *Élaborer des instruments permettant de mesurer en continu, directement ou indirectement, le taux de séchage réel à l'intérieur du séchoir. Compte tenu de la taille des séchoirs, ceci exigera vraisemblablement un certain nombre de capteurs pour mesurer la température (sèche et humide) en plusieurs points, la masse du bois et sa teneur en humidité, et peut-être encore d'autres indicateurs intimement liés au taux de séchage et au volume d'eau extrait.*
- *Poursuivre les travaux de modélisation en tant qu'instrument pour améliorer l'efficacité du séchage.*
- *Optimiser les programmes de séchage en vue de limiter la formation de contraintes (emploi de l'humidification).*
- *Utiliser les résultats du classement comme intrant pour la commande du séchoir et le contrôle de la qualité.*
- *Évaluer les caractéristiques des séchoirs (et les coûts qui s'y rattachent) en regard des résultats souhaités et proposer des recommandations pratiques.*
- *Continuer à adapter le séchage V/VS et RFV à une gamme élargie d'applications industrielles.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre un système de contrôle de séchoir capable d'intégrer les caractéristiques de la charge (masse et dimensions du bois, moyenne et répartition de la teneur en humidité, température du bois, essence, caractéristiques des piles, potentiel de séchage), les caractéristiques du séchoir, l'apport d'énergie, les caractéristiques de la circulation de l'air et les objectifs de production (qualité, etc.).*

4.14.3 Contrôle de la teneur en humidité et de la qualité

Technologie actuelle

Du point de vue de l'acheteur de bois séché, le facteur de qualité le plus important est le respect des normes d'humidité applicables. On sèche en général le bois d'œuvre à 19 p.100 ou moins, mais le maximum descend à 15 p.100 ou même moins quand il s'agit de spécialités ou autres produits à valeur ajoutée. Les variations de teneur en humidité, dues à des différences de séchage entre les pièces et à l'intérieur des pièces, constituent depuis toujours un problème pour les producteurs de sciages de résineux. Depuis une dizaine d'années, les humidimètres en continu sont devenus plus courants et ils sont en fait la seule manière de contrôler l'ensemble de la production. On estime que 75 p.100 des grandes scieries de résineux de l'Ouest canadien en sont équipées. Dans l'Est, le pourcentage serait de 60 p.100.

Dans la plupart des scieries, les humidimètres en continu servent surtout à vérifier que le pourcentage de pièces « humides » ne dépasse pas les tolérances. Seules quelques usines ont « bouclé la boucle » avec un système qui renvoie à l'opérateur de séchoir toute l'information obtenue, lui permettant de l'utiliser comme outil de diagnostic pour évaluer son équipement et ses méthodes de séchage. Les humidimètres en continu peuvent aussi servir à trier le bois à re-sécher.

Il règne dans l'industrie une certaine confusion quant à la précision et à l'exactitude des humidimètres continus et portatifs. Certaines scieries connaissent aussi des difficultés avec le bois gelé. Le problème provient du fait que chacun des humidimètres utilisés est affecté par des facteurs différents en rapport avec le bois et l'environnement. Il serait fort utile d'effectuer des travaux en laboratoire pour confirmer ou adapter les facteurs de correction applicables aux deux types d'appareil, et pour déterminer le mode d'emploi recommandé. Les scieurs de résineux se contentent généralement de contrôler la teneur en humidité finale du bois. Une information plus détaillée et plus précise permettrait de perfectionner les programmes de séchage et d'optimiser le rendement en qualités de haute valeur à partir de la matière première existante. Si l'on pouvait automatiser l'acquisition de données sur l'humidité du bois et les conditions dans le séchoir, il serait également plus facile d'évaluer les installations et d'améliorer le procédé.

Projections technologiques

- *Élaborer une technologie permettant d'obtenir des lectures d'humidité cohérentes avec les divers types d'humidimètre (continu, portatif à résistance et portatif RF) de manière à ce que toutes les lectures soient comparables et utilisables dans des bases de données communes.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode pour contrôler à distance la teneur en humidité et la température en divers points du séchoir (voir section 4.14.2).*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode pour évaluer les défauts du bois séché (gerces, voilement, etc.) en temps réel, et pour analyser cette information en vue du contrôle du séchoir.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode intégrée permettant d'analyser tous les paramètres relatifs à la production de bois sec et de relier ces paramètres à l'information recueillie aux séchoirs et au point de triage, afin d'optimiser les stratégies de triage et de séchage.*

4.15 Rabotage

Technologie actuelle

L'opération de rabotage consiste principalement à donner aux pièces de bois des dimensions finales précises et uniformes tout en débarrassant les surfaces des irrégularités qui subsistent après les opérations précédentes. Les scieries utilisent en majorité du matériel assez ancien qui a été recyclé ou rénové avec des composantes mécaniques neuves. Les augmentations de productivité enregistrées ces dernières années ont amené de nombreux scieurs à remplacer les porte-outils à huit couteaux par des modèles qui en acceptent de 12 à 32. Il existe également des couteaux hélicoïdaux et des couteaux jetables disposés en hélice qui donnent un meilleur état de surface et atténuent le bruit de la raboteuse. Les vitesses d'amenage atteignent près de 600 mètres (2000 pieds) à la minute pour certains modèles de raboteuse. Bien que l'amenage du bois ne pose pas de problème particulier, il arrive que la table d'accélération et les rouleaux d'alimentation ne parviennent pas à suivre la raboteuse. Les espaces créés entre les planches amènent le porte-outils à heurter les pièces et réduisent la productivité.

À mesure qu'elles diversifient leur production, les scieries font face à des changements de dimensions plus fréquents et, par voie de conséquence, à des mises au point plus fréquentes de la machine. Pour répondre à cette situation, elles font appel à des dispositifs de mise au point automatique qui sont non seulement plus rapides mais aussi plus précis et plus faciles à utiliser. Dans bien des scieries cependant, la raboteuse fonctionne très au-dessous de sa capacité du point de vue qualité parce qu'on n'accorde pas à l'entretien et à la mise au point l'attention nécessaire, et parce que les opérateurs n'ont pas reçu une formation suffisante pour optimiser l'opération.

Du fait que la précision et la qualité du sciage se sont améliorées, les raboteuses modernes n'ont plus à enlever autant de bois que par le passé. Du reste, il est permis de penser qu'elles pourraient devenir inutiles ou qu'il serait possible de les remplacer par des ponceuses qui donneraient au bois l'état de surface voulu. Même si les Scandinaves vendent depuis longtemps en Europe du bois non raboté, il s'agit de bois vert dont l'état de surface « brut de scie » est particulièrement fini. On peut se demander si le marché nord-américain accepterait ce genre de produit. En ce qui concerne le bois séché, l'élimination du rabotage exigerait une plus grande qualité de sciage (sans parler du déchiquetage) et de séchage. Sauf pour certains industriels de la deuxième transformation ou fabricants de produits à valeur ajoutée qui préféreraient peut-être raboter eux-mêmes leurs bois après transformation (et bénéficier ainsi de surcotes un peu plus généreuses), le marché du bois sec non raboté paraît limité dans le contexte nord-américain. Par contre, les ponceuses de calibrage à bande large pourraient connaître un certain succès dans les scieries capables de scier avec une grande précision.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre la technologie nécessaire pour positionner les porte-outils en fonction de la trace des couteaux, améliorant ainsi leur précision.*
- *Proposer des méthodes pour simplifier la mise au point et l'entretien des raboteuses afin d'améliorer la qualité et de réduire les temps morts. Il serait possible de combiner des améliorations apportées aux machines à des outils conçus pour aider les opérateurs et faciliter leur perfectionnement.*
- *Présenter les planches à la raboteuse face flacheuse au-dessus afin de maximiser le rendement au classement et la qualité du bois.*
- *Concevoir un appareil pour contrôler le fonctionnement de la raboteuse (épaisseur de bois enlevée) et le rendement au classement de façon à renvoyer cette information au séchoir, à la table de triage et à la scierie (voir section ci-dessous sur le classement automatique).*
- *Améliorer les techniques d'affûtage afin d'éviter de brûler les arêtes de couteau.*
- *Étudier la possibilité de remplacer les raboteuses à couteaux par des ponceuses de calibrage à bande large dans les scieries capables de scier et de sécher le bois avec une grande précision.*

Percées technologiques

- *Automatiser le remplacement des couteaux et la mise au point des raboteuses en leur appliquant les techniques de commande numérique.*

4.16 Classement et éboutage

Technologie actuelle

Au Canada, on connaît depuis une dizaine d'années le classement mécanique et le bois évalué mécaniquement (MEL). Le bois classé à la machine est surtout destiné à la fabrication de produits d'ingénierie (poutrelles en I, fermes). Il existe actuellement deux méthodes commerciales. La première, qui est aussi la plus populaire, consiste à évaluer la pièce en la soumettant à une contrainte de flexion. La seconde mesure à l'aide rayons X la densité du bois, laquelle sert ensuite à évaluer les propriétés mécaniques. On trouvera à la section 7.3.1 des renseignements supplémentaires sur le bois classé mécaniquement (bois MSR) et sa production.

Même pour le bois classé à la machine, la détection des défauts d'apparence demeure visuelle. L'opération est confiée aux classeurs qui sont aussi responsables du classement visuel selon les règles de la Commission nationale de classification des sciages (NLGA) ou autre organisme. Dans les scieries efficaces, les classeurs sont des personnes hautement qualifiées qui optimisent

le rendement qualité en fonction des règles de classement. Ces dernières années, des optimiseurs de classement ont commencé à prendre en charge une partie du classement visuel. Il n'existe pas encore en Amérique du nord de machine de classement totalement automatisé capable de reconnaître toutes les caractéristiques qui entrent en ligne de compte dans le classement du bois. Les optimiseurs existants reconnaissent et mesurent les caractéristiques géométriques (dimensions, flaches, manques, trous), alors que la détection des autres défauts (carie, gerces, pente de fil, etc.) relève des opérateurs.

La technique de scannage la plus fréquemment utilisée repose sur une combinaison de caméras et de scanneurs à rayon laser. Les caméras (couleur ou noir et blanc) mesurent les défauts superficiels tels que nœuds, taches, roulure et trous. Les scanneurs mesurent les caractéristiques de forme telles que flaches, épaisseur, fentes, gerces et divers types de déformation. Certains optimiseurs atteignent une vitesse de 600 m/min (2000 pieds linéaires/min).

Pour les nombreuses scieries qui fabriquent une gamme de plus en plus variée de produits en termes de dimensions et de spécifications de classement (y compris les catégories de classement étrangères ou uniques à un client), la technologie d'optimisation offre souplesse et efficacité, surtout lorsque les décisions sont fondées sur la recette et les prix courants. La mesure des défauts s'effectue avec précision pour les diverses règles de classement, ce qui permet d'optimiser à la fois le rendement valeur et la fiabilité de la production. Les optimiseurs permettent également d'augmenter le nombre de positions d'éboutage, et donc le rendement, dans les scieries qui ne se limitent pas aux longueurs « paires », multiples de 600 mm (2 pieds).

Comme tous les optimiseurs, les machines de classement recueillent d'énormes quantités de données sur les produits qu'elles traitent. Il est possible d'analyser l'information ainsi disponible et de l'employer pour perfectionner la précision du classement. Elle peut aussi servir à faciliter les décisions (évaluation de scénarios) et la formation du personnel. Elle est enfin utilisable comme rétroaction sur les opérations précédentes (rabotage, séchage, triage, sciage, etc.), jouant un rôle essentiel dans un système intégré de contrôle des procédés (voir section 4.18 sur le contrôle général de la qualité et des procédés). Il existe déjà des systèmes conçus à cette fin, mais l'industrie du bois ne les utilise guère à l'heure actuelle.

En intégrant des jeux de capteurs exploitant des techniques variées (laser, caméras, rayons X, micro-ondes, tomographie ou ultrasons), il deviendrait possible de reconnaître la plupart des caractéristiques géométriques et visuelles déterminantes pour le classement et d'automatiser complètement ou presque l'opération. Personne n'a encore appliqué cette approche commercialement au classement du bois, mais elle pourrait s'avérer utile aux scieries qui approvisionnent le secteur de la transformation secondaire et de la valeur ajoutée. Comme on l'a vu plus haut, le scannage interne présente un potentiel remarquable pour les scieries, surtout pour le débitage des billes et des équarris.

Les scieries qui fournissent du bois à une station d'aboutage interne ou externe récupèrent les tombées d'éboutage, et les responsables du classement ou les optimiseurs doivent en tenir compte dans leurs décisions. Pour ces scieries, il serait avantageux de pouvoir trier mécaniquement les tombées d'éboutage en groupes de dimensions, de teneur en humidité et peut-être même de résistance à la flexion.

Projections technologiques

- *Continuer à perfectionner les systèmes de classement afin d'augmenter leur précision et d'aider les classeurs à intégrer un plus grand nombre de normes de classement et de considérations économiques.*
- *Mettre au point une technique abordable pour trier des pièces courtes orientées de façon aléatoire en groupes de dimensions, d'humidité et de rigidité pour l'aboutage (voir section 7.3.2 sur l'aboutage).*

- *Élaborer et mettre en œuvre des optimiseurs capables de gérer simplement et rapidement des changements fréquents de paramètres de classement complexes.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre un système de classement intégré utilisant les données fournies par les classeurs et un jeu de capteurs pour augmenter le rendement valeur et l'uniformité de la production dans le contexte de normes de classement changeantes et diverses.*

4.17 Expédition et protection du bois

Technologie actuelle

Si l'on veut livrer au client des bois dont la qualité soit aussi proche que possible de celle qu'ils avaient à la sortie de l'usine, il faut leur assurer une protection adéquate. Le mode de protection est différent selon que l'on vend des bois secs (à protéger contre les reprises d'humidité) ou des bois verts (à protéger contre les attaques de champignons).

La proportion de bois vendu à l'état vert est en diminution et elle provient surtout de la côte Pacifique. Pour protéger ces bois contre les moisissures et les champignons colorants, on peut les traiter à l'aide de fongicides. Étant donné qu'ils sont classés comme pesticides, les fongicides doivent être enregistrés par l'Agence de lutte antiparasitaire en vertu de la Loi sur les produits antiparasitaires. Les fongicides sont dilués dans l'eau et appliqués par vaporisation (surtout dans l'Ouest) ou par immersion (la méthode préférée dans l'Est). Des laboratoires analytiques contrôlent régulièrement des échantillons de bois traité pour vérifier que la solution chimique est appliquée au dosage prescrit.

On peut protéger les extrémités des planches de bois vert ou sec en leur appliquant par vaporisation une peinture qui, en plus de donner au paquet une allure commercialement distinctive, limite la formation de fentes. Certains producteurs assurent la protection de leurs paquets de bois vert, surtout en fortes sections, en disposant sur le dessus du paquet un simple papier d'emballage (voir ci-dessous) ou une toile de jute grossièrement tissée qui limite le séchage et la formation de gerces sous l'action du soleil et du vent. Ceci protège par la même occasion les produits de traitement fongicide contre la dégradation par les rayons ultraviolets et la lixiviation par les eaux de pluie.

On expédie rarement le bois sec sans emballage à moins que des dispositions aient été prises pour qu'il soit entreposé à l'abri de la pluie. Les enveloppes utilisées sont constituées de polyéthylène (PE), de polypropylène (PP) ou de matériaux lamellés combinant PE, PP et papier kraft. L'opération d'emballage est peu automatisée. Les travaux de recherche montrent que les emballages parfaitement réalisés protègent totalement les paquets de bois des infiltrations de pluie ou de vapeur d'eau, même sous une pluie battante. Malheureusement, ils sont trop souvent déchirés par les chariots élévateurs ou le vent.

Pour certains clients, l'élimination des enveloppes pose problème (surtout dans le cas des matériaux lamellés, plus difficiles à recycler), et on a tenté de les remplacer par divers produits hydrofuges. Les essais révèlent cependant que ces produits ne préviennent pas aussi efficacement les infiltrations d'eau dans le paquet. Les hydrofuges commerciaux sont basés sur la dispersion de cire dans l'eau. Ils ont donc tendance à rendre le bois plus glissant et risquent de nuire à certaines opérations subséquentes comme le collage ou la finition.

Projections technologiques

- *Élaborer et appliquer des traitements écologiques pour la protection du bois vert et du bois sec.*

4.18 Contrôle général de la qualité et des procédés

Technologie actuelle

À l'origine, les programmes de contrôle de la qualité visaient à maximiser le rendement volume en diminuant les dimensions cibles au sciage. Le contrôle des dimensions à la raboteuse avait pour but de limiter les pertes au rabotage correspondant à d'importantes variations d'épaisseur, et de limiter en même temps les réclamations. Les contrôles de classement faisaient partie intégrante des premières initiatives de contrôle de la qualité.

Presque inexistant il y a dix ans, le contrôle de qualité en est encore à ses débuts dans l'industrie du sciage. De nos jours cependant, la combinaison d'une matière première moins riche et d'une clientèle plus exigeante force les producteurs à rechercher les moyens d'assurer à leurs produits une qualité plus uniforme. On vise maintenant le rendement valeur et le contrôle de la qualité est de plus en plus perçu comme un outil d'adaptation aux conditions nouvelles.

Il existe actuellement très peu d'équipement permettant de contrôler les procédés ou les produits, mis à part les dimensions des sciages, la teneur en humidité à la raboteuse et le classement. Toutefois, les fabricants de machines commencent à intégrer des indicateurs de contrôle du procédé à leurs optimiseurs (généralement munis de scanneurs). La voie semble désormais ouverte au contrôle de la qualité et des procédés tout au long de la chaîne de production, depuis le tronçonnage jusqu'au débitage, au séchage, au rabotage et au classement.

Les systèmes en place sont d'abord conçus pour optimiser les procédés de fabrication. S'ils étaient reliés à des systèmes de contrôle de la qualité en temps réel ou en continu pour mesurer et évaluer chacune des pièces à sa sortie du poste de fabrication, le rendement volume s'en trouverait amélioré car il deviendrait possible de détecter et de corriger les problèmes beaucoup plus vite qu'avec des vérifications périodiques effectuées par un employé. Les systèmes de ce genre favorisent également un meilleur rendement valeur puisqu'un nombre de mesures plus élevé garantit la précision recherchée par les marchés actuels pour les produits à valeur ajoutée.

Les systèmes de vérification de la qualité produisent par ailleurs une information détaillée sur chacune des pièces produites. Cette information peut servir non seulement à vérifier que les solutions proposées par les optimiseurs ont effectivement été réalisées, mais aussi à détecter des tendances (usure des outils, etc.) et à déclencher des interventions avant que les problèmes ne surviennent, d'où économies de matière et de temps. On peut enfin l'analyser à l'aide de logiciels de simulation pour évaluer d'autres procédés de fabrication ou d'autres produits.

Ainsi donc, la mise en œuvre d'un contrôle des procédés pourrait s'effectuer en trois phases. La première phase consiste à vérifier que la bille ou la pièce de bois est correctement positionnée et que l'amenage est parfaitement synchronisé avec la vitesse de la machine. Dans la deuxième phase, on scanne les produits en sortie de machine et on renvoie l'information obtenue à l'optimiseur, qui l'utilise pour améliorer ses décisions. À la troisième phase, on relie en réseau tous les postes de fabrication pour les faire fonctionner en système unique et coordonné.

Même s'il n'existe pas encore de système permettant un contrôle global et intégré des procédés en scierie, on utilise largement des logiciels tels que Sawsim et Optitek pour évaluer les méthodes de fabrication et pour simuler les opérations. Ce sont des outils puissants dont l'usage ne peut que se répandre. Les scieries les plus avancées tendent à employer ces logiciels elles-mêmes alors que d'autres se tournent vers des fournisseurs de services.

En Europe et en Asie, les producteurs de bois adoptent fréquemment la norme ISO 9000. Bien que cette tendance soit plus lente à se manifester en Amérique du nord, elle gagne du terrain. Au Canada, compte tenu de la place qu'occupe l'industrie du bois dans l'économie nationale, le nombre d'entreprises inscrites demeure faible en regard des autres grands secteurs industriels. L'un des principaux avantages de l'inscription ISO 9000 est qu'elle oblige la direction de

l'entreprise à étudier et à documenter les éléments critiques au contrôle de la production. Les inscriptions vont vraisemblablement se multiplier avec l'avènement des normes ISO 14000 sur les systèmes de gestion de l'environnement.

Projections technologiques

- *Étudier plus en détail les paramètres de performance déterminants pour chacun des postes de transformation.*
- *Poursuivre l'élaboration d'outils de diagnostic afin d'aider les opérateurs et la direction à optimiser la qualité et les procédés à chacun des postes de transformation.*
- *Élaborer des outils permettant de comparer les produits obtenus aux solutions proposées par les optimiseurs informatisés, et de détecter des tendances.*
- *Déterminer avec une plus grande précision les rapports qui existent entre les divers postes de transformation, et aussi entre les objectifs de la direction et les critères de fonctionnement des postes de fabrication.*

Percées technologiques

- *Élaborer des systèmes experts et des simulateurs informatisés de manière à transférer rapidement les innovations technologiques à la direction et aux opérateurs de scierie, et à optimiser les prises de décision.*
- *Intégrer le contrôle en continu de la qualité et des procédés par le biais d'un organigramme complet de données permettant d'optimiser globalement le rendement valeur.*

4.19 Fabrication de copeaux

Technologie actuelle

La matière première qui entre dans la scierie se trouve transformée à raison de 35 à 50 p.100 en copeaux, un facteur crucial pour l'économie de la scierie. Par contre, il existe depuis cinq ans une situation de surproduction, si bien que les prix des copeaux ont chuté et que l'industrie de la pâte a resserré ses critères de qualité. Elle exige maintenant des copeaux plus uniformes, avec moins de fines, et pratiquement sans écorce ni bois pourri.

La production de copeaux subit le contrecoup d'un rendement matière à la hausse. Comme on produit moins de copeaux à partir de bois ronds, il y a moins de bons copeaux pour diluer les copeaux de qualité inférieure. Les tronçonneuses multilames produisent beaucoup de billots courts; il serait préférable de les munir d'une butée tombante à l'arrière. Les déchiqueteuses à tambour vont probablement gagner en popularité dans un proche avenir pour la transformation en copeaux des excédents et des chutes de tronçonnage. Les outils de déchiquetage actuels sont généralement munis d'un plus grand nombre de couteaux et on utilise des variateurs de vitesse sur les équarriseuses-déchiqueteuses afin de maintenir la longueur des copeaux.

Dans les déchiqueteuses à disque, les couteaux tournent généralement à haute vitesse, ce qui amène le bois à se fracturer dans le sens du fil et entraîne une production excessive de petits copeaux et de fines. Parallèlement, l'entretien nécessaire de la déchiqueteuse et des couteaux augmente avec la vitesse de rotation. L'usage de couteaux jetables dans les déchiqueteuses à disque et les équarrisseuses-déchiqueteuses donne des copeaux de meilleure qualité tout en simplifiant le réglage des outils et en limitant l'affûtage (ou en l'éliminant). Certains problèmes de qualité ont cependant conduit au moins une scierie à retourner aux couteaux traditionnels, et d'autres envisagent la même approche. Il existe des techniques améliorées pour refendre les copeaux et les tamiser mais on les trouve presque uniquement dans les usines à pâte. Dans beaucoup de scieries, on a augmenté la capacité de tamisage.

La présence d'un excès de fines dans les copeaux provient fréquemment du fait qu'on a recours au même convoyeur pour évacuer les chutes de bois et la sciure. Les tamis couramment utilisés pour extraire la sciure avant l'opération de déchiquetage n'empêchent pas la sciure de coller aux copeaux et de traverser les tamis pour se retrouver dans les copeaux acceptés. Les tamis de type treillis exercent un effet de frottement et le rapport des trous à la surface totale y est plus élevé que dans les tamis perforés. Voilà pourquoi ils extraient plus efficacement les sciures et les fines. Malgré tout, la meilleure solution consisterait à trouver un moyen plus efficace de détourner la sciure des convoyeurs à bois.

Pour respecter les normes de qualité, on a souvent recours à un échantillonnage périodique qui permet de réagir rapidement et d'améliorer le déchiquetage si nécessaire. Les essais de contrôle demeurent manuels : on analyse les échantillons à intervalles réguliers à l'aide d'un tamis de laboratoire (William's). Des appareils de vision artificielle en cours de développement vont permettre de déterminer la qualité en continu, mais il faut s'attendre à les voir d'abord dans les grandes usines à pâte. Un fabricant vient de mettre sur le marché un appareil d'analyse des copeaux en continu.

Projections technologiques

- *Concevoir des techniques nouvelles permettant d'améliorer les surfaces produites par les équarrisseuses-déchiqueteuses, ainsi que la qualité des copeaux.*
- *Élaborer et mettre en œuvre un système de contrôle automatique de la qualité des copeaux.*
- *Imaginer des moyens abordables d'éviter la contamination des copeaux par la sciure.*

4.20 Utilisation des sous-produits

Technologie actuelle

Mis à part les copeaux, les principaux sous-produits du sciage sont la sciure, les copeaux de rabotage et l'écorce. On récupère de plus en plus les pièces courtes et les éboutures (tombées d'éboutage) pour fabriquer des produits de haute qualité (voir section 7.3.2 sur l'aboutage). La sciure et les copeaux de rabotage constituent la matière première principale des usines de panneaux de particules et de MDF.

Dans les grandes scieries, on utilise souvent la sciure et les copeaux de rabotage comme combustible pour la production d'énergie. Les entreprises dotées de séchoirs consomment beaucoup d'énergie et les sous-produits du sciage représentent une source de combustible abondante et économique. Malheureusement, ce genre de technologie n'a pas encore été adapté aux besoins des scieries plus petites.

L'écorce, qui représente environ 10 p.100 du volume de la matière première, constitue un problème permanent pour l'industrie. Les méthodes traditionnelles de gestion, comme l'incinération à l'air libre et l'enfouissement, sont interdites dans bien des régions pour des raisons de protection de l'environnement. L'écorce peut servir de combustible et certaines entreprises fabriquent des granules destinés au chauffage domestique. Il est question depuis quelques années de nouvelles applications, telles que le conditionnement des sols et le compostage (à partir d'écorce moulue), ou l'aménagement paysager (surtout pour l'écorce de cèdre et de pruche), mais les volumes inutilisés demeurent considérables et il est urgent de trouver des applications de grande envergure. Certaines entreprises étudient la possibilité de transformer l'écorce en méthanol, éthanol et autres produits chimiques (phénols « verts », par exemple). Les diverses tentatives commerciales en ce sens éprouvent toutefois beaucoup de difficulté à se justifier face à leurs concurrents qui utilisent le gaz naturel, les résidus de trituration (liqueur noire) ou même les produits d'origine agricole.

Un panneau récemment mis au point semble représenter un certain potentiel pour la conversion de l'écorce en produits industriels. Des essais en usine pilote sont en cours pour créer à partir de ce panneau divers produits brevetables destinés à des applications tant structurales que non structurales. Si ces initiatives sont couronnées de succès, elles pourraient donner naissance à une nouvelle famille de produits écologiques basés sur l'écorce.

Projections technologiques

- *Poursuivre le développement de panneaux et autres produits dérivés de l'écorce.*

4.21 Questions environnementales

Technologie actuelle

L'élimination de l'écorce demeure le principal souci d'ordre environnemental des scieries qui n'ont pas une centrale de cogénération pour les gérer comme combustible et qui doivent encore avoir recours à l'enfouissement. Le problème des résidus de sciage est aussi vieux que l'industrie. Dans la région côtière de la Colombie-Britannique, le problème est cependant à toutes fins utiles réglé depuis les années 50 grâce à la mise en place dans les usines à pâte de chaudières conçues pour accueillir les résidus de bois. Il existe aujourd'hui dans cette région un équilibre relatif entre la consommation du secteur de la pâte et la production du secteur du sciage. En conséquence, sauf période de surproduction, notamment dans le cas des résidus de cèdre, on ne voit plus d'incinérateurs de type « wigwam » sur la côte.

Ailleurs, les restrictions qui frappent l'incinération à ciel ouvert ont créé une situation délicate. À défaut d'une autre solution, certaines scieries ont installé un incinérateur à chambres multiples muni d'épurateurs d'émissions. L'investissement nécessaire pour respecter les normes d'émissions est de l'ordre de quatre à six millions de dollars par scierie. Pour les nombreuses usines qui ne disposent pas de ressources financières suffisantes, la seule issue pourrait être la fermeture. Certains industriels se sont munis de chaudières pour produire l'énergie nécessaire à leurs séchoirs, mais la consommation de résidus est insuffisante. De toute évidence, il demeure donc nécessaire de trouver un substitut aux méthodes actuelles d'incinération. La hausse des prix du pétrole créera peut-être un climat propice à ce genre d'initiative.

Diverses solutions possibles à ce problème ont été proposées dans le domaine de la cogénération ou de la production d'électricité. Une scierie ne peut consommer en général qu'un tiers de l'énergie électrique qu'elle est susceptible de produire à partir de ses résidus. À moins qu'elle ne puisse vendre ses surplus d'énergie à un prix raisonnable, l'opération ne saurait être rentable. L'entreprise qui a recours à la production d'électricité pour résoudre ses problèmes d'incinération fait par ailleurs face à toute une série de facteurs qui échappent partiellement ou totalement à son contrôle, notamment en ce qui touche aux politiques gouvernementales sur le prix de l'électricité, les restrictions à l'exportation d'électricité, le prix du gaz naturel et les fluctuations de la demande d'électricité.

En ce qui concerne le séchage, les séchoirs à déshumidification et séchoirs sous vide produisent un condensat contenant des traces de certains produits chimiques naturellement présents dans le bois. Il s'agit des matières extractibles du bois qui se gazéifient dans le séchoir pour se condenser ensuite avec la vapeur d'eau. Dans certains cas, il est nécessaire de neutraliser le pH de ce condensat avant de le rejeter à l'égout ou dans une fosse septique.

Les composés organiques volatils (COV) provenant des séchoirs à convection forcée et de certains modèles à déshumidification ne sont pas encore réglementés. Étant donné que l'évacuation de la vapeur utilise un grand nombre d'évents, sans compter les fuites en périphérie des portes, il va de soi que toute réglementation stricte de ces émissions gazeuses exigerait une modification fondamentale du concept actuel de séchoir.

L'élimination de l'huile hydraulique usée, confiée sous contrat à des entreprises spécialisées, constitue un problème environnemental pour l'industrie. Les systèmes hydrauliques sont omniprésents. Pour certaines applications, les moteurs à courant alternatif ont remplacé les systèmes hydrauliques mais il est peu probable que ce soit faisable dans tous les cas.

La poussière, le bruit et les vibrations font aussi partie des questions environnementales qui touchent l'industrie. Depuis de nombreuses années, les fabricants d'équipement améliorent la conception de leurs machines pour résoudre ces problèmes à l'aide d'enceintes et autres techniques. Les couteaux hélicoïdaux rendent les raboteuses moins bruyantes. On a aussi observé que, règle générale, les outils bien affûtés et convenablement équilibrés sont moins bruyants (en particulier les lames de scie). Autrement dit, les outils bien entretenus favorisent à la fois la productivité et la protection de l'environnement.

L'Allemagne et plusieurs autres pays imposent des restrictions aux enveloppes servant à protéger les paquets de bois des reprises d'humidité; elles doivent être recyclées. À mesure que ce genre de situation se répète ailleurs, il va devenir de plus en plus essentiel d'utiliser des enveloppes recyclables.

Projections technologiques

- *Poursuivre la conception de machines de transformation du bois plus performantes en matière de bruit et de vibrations.*
- *Créer des piles à combustible ou des centrales de cogénération plus petites permettant à un plus grand nombre de scieries de produire leur électricité et de vendre leurs excédents au réseau.*
- *Continuer les recherches sur les émissions de COV provenant des séchoirs et sur les moyens de minimiser ces émissions.*
- *Trouver des huiles hydrauliques plus écologiques à un prix abordable.*
- *Proposer des méthodes permettant de recycler les enveloppes de protection ou de protéger le bois d'une autre manière.*
- *Poursuivre les recherches sur les traitements antibleuissement à faible impact environnemental.*
- *Poursuivre les études visant à aider l'industrie à utiliser une plus grande partie des sous-produits du sciage.*
- *Poursuivre les études visant à aider l'industrie à récupérer un pourcentage croissant de bois massif (pièces courtes, éboutures, etc.) par le biais de la seconde transformation et de la fabrication de produits à valeur ajoutée.*
- *Poursuivre l'élaboration de méthodes permettant de recueillir et de traiter les lixiviats en provenance des parcs à grumes et autres endroits critiques.*

Percées technologiques

- *Mettre sur pied une stratégie intégrée visant à identifier les applications commerciales possibles de l'écorce et de ses dérivés, et proposer un programme de recherche et de développement pour créer la technologie nécessaire dans le cadre de critères de rentabilité.*

CONCLUSIONS POUR L'INDUSTRIE DU SCIAGE DE RÉSINEUX

En conclusion, l'industrie canadienne du sciage adopte assez rapidement depuis plusieurs années des techniques de production nouvelles, surtout grâce aux percées technologiques réalisées dans le domaine des ordinateurs et du traitement de l'information. De nombreux centres de fabrication sont désormais dotés d'ordinateurs et la plupart des scieries de moyenne ou grande taille utilisent plusieurs optimiseurs. Il existe des logiciels pour analyser les opérations, simuler des scénarios et guider la direction dans l'amélioration des procédés et des produits.

Dans la présente section, nous avons identifié diverses lacunes technologiques, particulièrement en ce qui a trait à la complexité croissante des scieries et à l'utilisation des sous-produits. Si l'industrie ne parvient pas à combler ces lacunes, elle aura plus de difficulté à profiter des situations nouvelles offertes par le marché.

Le défi principal touche au contrôle des procédés et c'est aussi le principal instrument de progrès offert à l'industrie. L'information recueillie sur les résultats des diverses fonctions de transformation est insuffisante, et celle qui est disponible n'est pas appliquée systématiquement au perfectionnement des procédés. En recueillant une information plus détaillée et plus dynamique sur les produits en cours de fabrication, et en analysant en permanence cette information, les industriels du sciage pourront atteindre un niveau supérieur d'optimisation. De plus, les bases de données ainsi créées serviront de plate-forme pour un contrôle global et intégré des procédés. Le progrès en ce sens au cours des dix prochaines années risque bien plus d'être freiné par l'industrie elle-même que par ses fournisseurs.

La technologie fondée sur l'informatique exige des outils, mais elle exige surtout des gens pourvus des connaissances vitales. L'industrie du sciage du 21e siècle aura besoin de scientifiques pour créer des outils spécialisés, de concepteurs pour les fabriquer et les appliquer à la production, et d'opérateurs pour les utiliser quotidiennement. Le personnel de direction devra aussi acquérir de nouvelles compétences dans divers domaines (marketing, économie, contrôle des procédés, etc.) pour atteindre à une plus grande efficacité. On pourrait dire, en fait, que le rythme de l'évolution technologique de l'industrie du sciage sera essentiellement déterminé par sa propre capacité à adopter la technologie.

Dans les scieries plus petites et les usines de deuxième transformation, l'évolution technologique exigera aussi des connaissances et des outils informatisés, mais ces derniers devront être adaptés aux conditions économiques et pratiques spécifiques à ce secteur. Les fournisseurs de machines et de logiciels ont eu tendance à se concentrer jusqu'ici sur les grandes scieries. Cependant, la croissance de la deuxième transformation et de la valeur ajoutée semblent créer une conjoncture favorable pour la création d'équipement et de logiciels adaptés à leurs besoins. Cette conjoncture devrait aussi être favorable aux fournisseurs de services car bon nombre d'usines seront dans l'incapacité d'avoir toutes les compétences requises à l'interne.

5 Fabrication du bois de sciage de feuillus – Technologie actuelle et potentielle

L'industrie canadienne de fabrication des sciages de bois francs est encore plus diverse que celle des résineux. Alors que les bois de résineux sont essentiellement utilisés dans un nombre limité d'applications en construction, les produits de bois franc servent à la fabrication d'une large gamme de produits allant des colombages (tremble) ou des palettes (bouleau ou érable de basse qualité) aux meubles et aux pièces tournées. On distingue deux secteurs : l'un qui tend à emprunter sa technologie aux scieries de résineux pour fabriquer des produits de base, et l'autre qui fonctionne comme le secteur de la valeur ajoutée, fabriquant des produits semi-finis. Les besoins technologiques de ces deux secteurs sont évidemment bien différents. Dans la présente section, nous parlerons surtout de la fabrication de produits de bas. La technologie applicable à la deuxième transformation et à la valeur ajoutée sera traitée ultérieurement.

L'industrie du feuillu se distingue aussi par le fait qu'elle traite indépendamment les diverses essences plutôt que de les regrouper comme cela se fait pour beaucoup de résineux. Tel que vu précédemment, le tremble et les peupliers sont généralement traités à peu près comme l'épinette et les autres essences utilisées principalement comme matériau de construction.

La plupart de scieries continuent à utiliser un chariot et une scie de tête (scie circulaire ou scie à ruban). Toutefois, on fait généralement appel à une refendeuse ou à des scies circulaires multiples pour maximiser la productivité et compenser la rareté relative des bois de qualité dans les approvisionnements actuels. C'est normalement l'opérateur qui prend les décisions de débitage importantes. Bien que l'industrie du bois franc ait accès aux techniques d'optimisation, elles restent d'un usage très limité car les scieries de ce secteur sont relativement petites. L'optimisation se complique encore du fait que, dans le bois franc, la qualité prend beaucoup plus d'importance que le volume, alors que les optimiseurs existants sont surtout conçus en fonction du rendement volume. Rares sont les scieurs qui ont ajouté des optimiseurs à leur chaîne de production primaire ou encore des systèmes semi-optimisés à la conversion des équarris ou au délignage.

Le prix des billes et leur faible qualité ont obligé de nombreux producteurs de bois franc à se tourner vers la transformation secondaire pour répondre à une demande croissante. La tendance actuelle est d'utiliser des billes de faible diamètre (15 cm [6 pouces] ou plus) et de faible longueur (1,8 à 2,5 m [6 à 8 pieds]) pour fabriquer autre chose que les produits définis par la *National Hardwood Lumber Association* (NHLA). Les usines consacrées aux billons utilisent surtout une scie de tête à lames jumelées ou même une équarrisseuse-déchiqueteuse, puis une refendeuse multilames pour convertir rapidement les billons en composantes.

Considérant que les applications des bois francs n'exigent généralement que des pièces courtes, certains industriels se sont spécialisés dans la conversion de billons très courts (jusqu'à 1,2 m [48 pouces] ou même 0,9 m [36 pouces]), ce qui a l'avantage de multiplier leurs possibilités d'approvisionnement.

5.1 Matière première

L'industrie canadienne du bois franc est en concurrence avec d'autres secteurs de l'industrie pour ses approvisionnements. D'un côté, les papetières et l'industrie de l'OSB réclament des quantités de plus en plus grandes de tremble, de peuplier et même de bouleau. De l'autre, les plus belles billes tendent à aller au déroulage. La qualité des approvisionnements en bois francs offerts aux scieurs est donc à la baisse depuis vingt ou trente ans. Les scieurs de bois francs considèrent comme « gaspillées » les billes allouées à l'industrie des composites ou aux papetières, alléguant que celles-ci n'offrent pas la valeur maximale possible pour cette matière première. Même s'il

faut reconnaître à ces secteurs le droit à des approvisionnements stables et si les enjeux liés à la répartition des billes ne font pas partie du mandat « technique » de ce rapport, il semble néanmoins légitime de mentionner l'importance de rechercher des mesures permettant d'augmenter la valeur totale des produits de la forêt chaque fois que c'est possible.

Dans les entreprises intégrées, il est possible d'optimiser la répartition des billes en les triant dans un parc central selon leur qualité et leur diamètre. D'autres ont recours à des échanges de billes. Les solutions varient naturellement selon les lieux et les circonstances, mais on peut s'attendre à voir cette tendance s'accentuer, d'autant plus que certains gouvernements provinciaux interviennent pour favoriser et maximiser la production de valeur ajoutée et la création d'emplois.

Les échanges de matière première permettent aussi aux scieurs de bois francs d'échapper à la nécessité d'augmenter la production de composantes de palettes (et autres produits de faible valeur) à mesure qu'augmentent les volumes de produits à haute valeur.

5.2 Tronçonnage, classement et répartition des billes

Technologie actuelle

Les tiges de feuillus sont normalement tronçonnées de manière à donner une bille de déroulage (si le diamètre et la qualité le permettent), une ou des billes de sciage et du bois à pâte. Compte tenu de la tendance récente à transformer des billons courts (15 cm [6 pouces] et plus de diamètre, 1,8 m [6 pieds] et plus de longueur), les billes de qualité B-1 et B-2 se trouvent récupérées pour le sciage. La partie de la tige qui ne donne pas de bois de sciage sert à la fabrication de copeaux pour la pâte. Comme les tiges sont livrées en pleine longueur, la scierie doit être équipée pour le tronçonnage et le déchiquetage. Cette situation permet de maximiser l'utilisation des billes en les triant selon leur qualité et leur diamètre et en tenant compte des facteurs commerciaux.

Les systèmes de classement des billes sont soit créés à l'interne, pour gérer les achats de bois rond auprès des propriétaires de boisés, soit établis par des règles provinciales qui régissent le commerce des bois ronds provenant des forêts publiques. Les équipes responsables de classer les bois francs s'appuient ordinairement sur un ensemble de paramètres tels que le diamètre de la bille, sa qualité superficielle, et sa rectitude. L'opération de tronçonnage s'effectue à l'aide d'une machine fixe ou mobile, et l'opérateur prend ses décisions en fonction de son évaluation de la bille et son expérience.

Les scieries de bois francs doivent améliorer leur technologie et utiliser plus efficacement la matière première qui leur revient, qu'il s'agisse de billes de sciage traditionnelles (classement Petro) ou d'autres billes qualifiées de non traditionnelles (billons). Le recours aux billons permettrait de récupérer environ 50 p.100 de la tige pour le sciage, plutôt que 35 p.100 comme c'est le cas avec les billes normales.

Projections technologiques

- *Élaborer des outils pour aider les opérateurs à décider de l'utilisation des billes et à effectuer le tronçonnage en fonction d'un rendement valeur maximum pour une essence donnée.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre une technique de scannage interne à capteurs multiples (rayons X, ultrasons, radiofréquence, etc., individuellement ou en tandem) permettant d'optimiser les décisions de tronçonnage en fonction des caractéristiques externes et internes de la bille, de la capacité de l'équipement et des occasions de vente.*

5.3 Gestion du parc à grumes

Technologie actuelle

L'objectif principal de la gestion du parc à grumes est d'assurer l'entreposage des billes de manière à les récupérer au moindre coût en les endommageant le moins possible. On emploie fréquemment des machines capables d'entreposer d'un coup la charge totale d'un camion. Celles-ci sont rapides et efficaces, et un opérateur habile est généralement capable de limiter les dommages aux tiges; il faut toutefois que le terrain soit plat et solide. Les grues permettent d'entreposer une grande quantité de billes par hectare de parc tout en limitant les dommages au bois. Par contre, comme on n'utilise généralement qu'une seule grue pour l'ensemble du parc, l'entretien et autres temps morts posent des problèmes. Les chargeurs-redresseurs présentent de nombreux avantages, dont une diminution des dommages aux tiges, un prix d'achat plus faible, une plus grande facilité de triage et une plus grande tolérance quant à la qualité du terrain, mais ce sont les machines les moins productives.

En principe, on essaie d'utiliser les billes dans leur ordre d'arrivée dans le parc, mais ce n'est pas toujours possible à cause de divers facteurs relatifs aux essences ou aux conditions d'exploitation. Les dirigeants d'usine sont de plus en plus conscients des dommages et des pertes occasionnés par les épidémies d'insectes ou les effets du dessèchement et du bleuissement sur la valeur marchande des produits. Il est souhaitable d'effectuer au moins chaque été une rotation de l'inventaire afin d'éviter un dessèchement excessif des grumes et les pertes de rendement qu'il entraîne.

Les arbres abattus à l'aide de machines se trouvent le plus souvent endommagés. Les attaques de champignons se produisent généralement là où la tige a été endommagée par les picots des rouleaux ou encore lorsque l'écorce a été arrachée lors de la manutention et du transport. Étant donné le coût de plus en plus élevé des billes et la nécessité d'en extraire un maximum de valeur, il y a tout avantage à éviter de les endommager et ce, dès l'abattage. Il convient donc de mettre au point des techniques pour prévenir les blessures à l'écorce et au bois. L'industrie a aussi besoin de techniques permettant de protéger les billes des champignons lorsque l'entreposage doit se prolonger au-delà de quelques semaines par temps chaud.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre des stratégies de triage et d'entreposage (y compris l'emploi d'outils de gestion des inventaires) afin de diminuer les pertes de rendement dues aux dommages mécaniques, attaques d'insectes et dégradation fongique lors de l'entreposage.*
- *Appliquer à échelle industrielle des traitements biochimiques intégrés pour la protection des billes afin de combattre la dégradation fongique avec un effet minimal sur l 'environnement (voir section des résineux).*

5.4 Écorçage

Technologie actuelle

La plupart des scieries de feuillus écorcent de 300 à 400 billes par quart de travail à l'aide d'écorceuses de type « Rosserhead ». Pour les volumes plus élevés, on dispose de deux chaînes, dont l'une est équipée d'une écorceuse à rotor pour les billes plus petites. La qualité de l'écorçage est le plus souvent satisfaisante, mais il n'est pas rare que les extrémités des billes soient endommagées. Certaines essences restent difficiles à écorcer, surtout par temps froid.

Les scieries spécialisées dans les billons emploient une écorceuse à tambour. La qualité de l'écorçage est variable, et les pertes de bois dues aux dommages causés par l'écorceuse sont importantes. Il serait utile d'effectuer des travaux de recherche sur l'écorçage et d'étudier le moyen de dégeler les billes de manière à briser le lien entre l'écorce et le bois au cours de l'hiver. Il existe déjà des études sur cette question mais les solutions proposées sont le plus souvent, sinon toujours, économiquement irréalisables pour les entreprises relativement petites du secteur des feuillus.

Projections technologiques

- *Améliorer la qualité du bois en éliminant les défauts causés par l'équipement (taches brunes) que l'on retrouve fréquemment dans l'aubier.*
- *Élaborer et mettre en œuvre un système de contrôle de la qualité pour l'écorçage (basé, par exemple, sur la vision artificielle et l'analyse graphique) pour détecter les restes d'écorce et les dommages subis par les billes, et pour mesurer la quantité de bois dans les écorces, ainsi que la quantité d'écorce dans les copeaux.*
- *Concevoir une technique d'écorçage à haut rendement et à faible coût pour les billons (moins de 1,8 m [6 pieds]).*

Percées technologiques

- *Concevoir et mettre en œuvre une méthode permettant de dégeler l'écorce (radiation infrarouge, micro-ondes ou autre) afin d'améliorer la qualité de l'écorçage.*

5.5 Premier débit

Technologie actuelle

Sciages de haute valeur

Pour les essences de plus grande valeur, comme l'érable, le chêne, le bouleau ou l'aulne, on effectue le premier débit à l'aide d'un chariot et d'une scie à ruban ordinaire ou bicoupe. L'opérateur dispose ordinairement d'outils d'aide mais il lui revient de prendre toutes les décisions concernant la qualité. Pour les billons (faible diamètre et longueur inférieure à 2.4 m [8 pieds]), on utilise normalement un chariot suspendu muni d'un système de griffage en bout qui maintient la bille tout au long du sciage, effectué à l'aide d'une scie de tête jumelée (circulaire ou à ruban) suivie d'une refendeuse multilames. Il est indispensable d'obtenir une grande productivité car ces petites billes contiennent peu de bois de valeur. Pour cette raison, les fabricants poussent la transformation plus avant et produisent des composantes de plus grande valeur plutôt que des produits de base.

Dans les entreprises plus avancées, on fait appel à des systèmes de scannage et d'optimisation disposés sur le chariot (rideau de lumière) ou à une scie de tête jumelée avec griffage en bout et scannage sur deux axes pour maximiser le volume et la valeur de la production. Ces dispositifs sont coûteux et exigent du personnel d'entretien qualifié. C'est d'ailleurs pourquoi il existe peu de scieries de feuillus capables de les justifier.

Dans le cas des feuillus, l'optimisation doit aller plus loin qu'avec les résineux. En plus de positionner les billes, de les faire tourner et d'optimiser le débit, il faut tenir compte de la grosseur des défauts, de leur type et de leur position dans la bille. Il serait idéal de caractériser les défauts par scannage interne. Cependant, compte tenu de la dimension et de la qualité des billes de bois francs, il est peu probable que ce genre d'équipement soit économiquement justifiable pour les scieries de capacité limitée.

Produits de base

La transformation du tremble et du peuplier a généralement lieu dans des scieries utilisant une technologie semblable à celle du sciage de résineux, en autant du moins qu'il s'agit de produire des colombages ou autres formes de bois d'œuvre. Le mode de conversion dépend davantage du produit visé que de l'essence. Il n'est pas rare pour le tremble et le peuplier de servir à la fabrication de composantes, auquel cas les méthodes de fabrication sont exactement les mêmes que pour les bois considérés comme de plus grande valeur.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre des méthodes économiques d'optimisation fondées sur les concepts utilisés ou recommandés pour les résineux.*
- *Élaborer et mettre en œuvre des méthodes économiques de contrôle des produits afin d'assurer le contrôle de la qualité et une rétroaction.*
- *Concevoir une technique de transformation adaptée aux billons de qualité (moins de 1,8 m [6 pieds] et jusqu'à 0,9 m [3 pieds]) pour les composantes courtes ou destinées à l'aboutage.*
- *Transformer des billes de qualité inférieure en réparant les sciages par la suite.*

5.6 Deuxième débit des bois de valeur

Technologie actuelle

Pour le deuxième débit, on utilise une refendeuse à ruban ou à lame circulaire, de même qu'un carrousel qui permet à l'opérateur de scier les pièces de bois plusieurs fois si nécessaire pour maximiser le rendement valeur. Les scieries qui transforment des billes plus petites et de qualité inférieure se servent de refendeuses à scies circulaires multiples qui leur donnent une plus grande productivité. L'amenage est le plus souvent effectué manuellement par l'opérateur.

Dans certains cas, on emploie une refendeuse à scies circulaires multiples dont les lames sont montées sur un arbre télescopique, ce qui donne une plus grande souplesse de travail. Les lames peuvent alors se déplacer pour maximiser la valeur des produits chaque fois que c'est possible. Les systèmes les plus avancés font appel à des scanneurs pour déterminer la géométrie de l'équarri alors que l'opérateur en donne les caractéristiques de qualité. L'intégration des deux jeux de données sert à optimiser la position de l'équarri et le patron de sciage.

Projections technologiques

- *Concevoir, pour les opérateurs et les cadres Intermédiaires, des logiciels d'aide aux décisions et de perfectionnement afin d'optimiser les opérations de débit secondaire. On peut notamment envisager des scanneurs combinés à des logiciels déterminant la meilleure solution.*
- *Adapter la technologie des scies circulaires à voie mince aux scies de tête et aux refendeuses multilames.*
- *Adapter ou développer une technique de manutention applicable aux pièces courtes.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre une technique économique de scannage intégral capable de déterminer la nature et la position des défauts, même internes, de même que la géométrie de l'équarri afin de maximiser la valeur des produits extraits de l'équarri.*
- *Optimiser les opérations de deuxième débit par un contrôle intégré des produits et des procédés avec rétroaction.*

5.7 Triage et classement du bois

Technologie actuelle

Les scieries de feuillus confient en général à des classeurs certifiés la tâche de classer et d'inventorier les sciages. Dans les petites scieries, le préposé au classement enregistre lui-même les données d'inventaire et remplit les fiches de référence, alors que dans les scieries plus importantes, le classeur est secondé par un pointeur. Seuls quelques rares scieries sont munies d'un système informatisé qui étampe la pièce en fonction de la décision du classeur, établit les statistiques de production (volume de bois et nombre de pièces) et indique aux préposés à l'empilage quand le temps est venu de cercler un paquet et d'en commencer un autre.

Il est relativement facile de trier les sciages de bois francs puisqu'ils sont soit marqués soit étampés par le classeur. Le problème se situe au niveau de l'empilage, effectué à la main, qui exige plusieurs personnes. Dans bon nombre d'usines, l'opération est semi-automatique. Malgré tout, il demeure difficile d'empiler des bois de largeurs et de longueurs variables (1,2 à 4,9 m [4 à 16 pieds]) de manière à obtenir un paquet respectant des spécifications données de dimensions et de volume de bois. Il est en effet difficile pour une machine de « comprendre » que les pièces courtes doivent être assorties et empilées bout à bout de façon à obtenir un paquet bien rectangulaire. Les largeurs variables compliquent également la tâche d'obtenir un paquet de dimensions données sans dépasser le volume de bois qu'il doit contenir.

Projections technologiques

- *Adapter ou créer des machines capables de trier et d'empiler automatiquement des pièces de bois de longueurs et de largeurs diverses, et de produire des paquets rectangulaires pour le séchage.*
- *Élaborer et mettre en œuvre des méthodes de classement des bois francs basées sur la vision automatique. Selon les caractéristiques de la scierie, le classement pourrait être automatique ou semi-automatique.*

Percées technologiques

- *Concevoir un système automatique intégré faisant appel à un jeu de capteurs divers pour scanner et classer les bois francs.*

5.8 Séchage

Ce chapitre traite des feuillus. Cependant, comme la transformation du pin blanc et du pin ponderosa a souvent lieu dans les mêmes scieries qui transforment les feuillus, avec le même équipement et les mêmes techniques, nous couvrirons aussi ces essences. Le séchage des sciages de feuillus s'effectue à la scierie ou parfois dans une entreprise de séchage. Plus rarement, c'est l'utilisateur qui sèche le bois. Il existe très peu d'entreprises intégrées verticalement qui travaillent de la bille au produit fini. Cette dynamique fait en sorte que les communications producteur-client sont souvent limitées et cela, même si les spécifications de l'utilisateur sont critiques en ce qui concerne l'humidité moyenne finale, le gradient d'humidité, la présence de contraintes internes ou de gerces internes ou externes, les déformations ou les taches.

Le tremble, le peuplier et le pin blanc contiennent fréquemment des zones humides, réparties au hasard dans le bois. Ces zones humides, que l'on croit provoquées par des infections bactériennes, sèchent beaucoup plus lentement que le bois normal. En conséquence, on les retrouve sous forme de poches d'humidité dans le bois sec.

5.8.1 Empilage, manutention et séchage à l'air

Technologie actuelle

Dans les scieries de feuillus, on empile les bois soit à la main soit de façon semi-automatique avec des empileuses. Les opérations d'empilage manuel ont lieu sous un abri ouvert et on utilise des guides de baguettage. Quant à l'empilage semi-automatique, il exige deux ou trois manœuvres, un convoyeur-élévateur basculant, une zone de transfert pour placer les planches et une empileuse. Le baguettage peut être manuel ou automatique; dans les deux cas, les manœuvres disposent manuellement les planches dans leur rang.

L'espacement des baguettes varie de 30 à 60 cm (12 à 24 pouces). Les baguettes sont généralement en bois franc. Certains fournisseurs ont introduit, avec un succès limité, divers autres matériaux, dont des composites de plastique ou du métal, dans le but de réduire au minimum la surface de contact entre la baguette et le bois, et de limiter la formation de taches. Les usines qui transforment des bois pâles emploient surtout des baguettes profilées.

Étant donné le temps de séchage relativement long des bois francs et le mode de circulation des matières dans l'usine, il est généralement nécessaire de sécher du bois à l'air libre. Les parcs de séchage sont depuis toujours une source de problèmes car il est souvent difficile d'éviter que le séchage soit lent, ce qui rend le bois vulnérable aux attaques de champignons colorants. La tendance actuelle consiste à éviter de mettre dans le parc de séchage les bois les plus susceptibles ou à organiser le parc de manière à accélérer le séchage à l'air.

Projections technologiques

- *Concevoir des empileuses capables de produire des paquets rectangulaires à partir de pièces courtes et de longueurs variées.*
- *Concevoir des baguettes et des méthodes de baguettage permettant de minimiser les taches de séchage sur les bois de teinte pâle.*
- *Concevoir des techniques économiques pour protéger les bois de la coloration pendant le séchage à l'air.*
- *Concevoir des méthodes de séchage sans baguettes.*
- *Élaborer des méthodes pour séparer le bois affecté de zones humides du bois normal avant le séchage, afin d'optimiser le temps de séchage et la qualité du bois.*

5.8.2 Séchoirs et contrôle du séchage

Technologie actuelle

Dans ce secteur de l'industrie, on sèche traditionnellement le bois à l'aide de séchoirs à convection forcée, dits « conventionnels », chauffés à la vapeur. La température dans ces séchoirs atteint 80°C (180°F) et ils sont munis de dispositifs permettant l'évacuation de la vapeur d'eau et l'humidification. Le temps de séchage varie de cinq ou six jours pour des bois francs de faible densité en planches de 25 mm (un pouce) d'épaisseur jusqu'à 60 jours ou plus pour des bois de haute densité en épaisseur de 50 mm (deux pouces). Presque tous les séchoirs construits ces vingt dernières années sont constitués de panneaux d'aluminium et d'une poutre d'acier ou d'aluminium qui supporte la structure. On charge le séchoir par le côté à l'aide d'un chariot élévateur, bien que certains préfèrent un système de rails. Des ventilateurs montés dans le séchoir assurent la circulation de l'air.

On assiste depuis 15 ou 20 ans à une diversification des types de séchoir et c'est une tendance qui devrait se poursuivre au cours des prochaines années. Le séchage par déshumidification a été introduit en Amérique du nord dans les années 70, et son évolution a connu plusieurs phases. Au début, son principal intérêt reposait sur sa consommation réduite d'énergie et sur le fait qu'il

fonctionnait à l'électricité à une époque où le prix des combustibles fossiles était perpétuellement en hausse. Depuis lors, le séchage par déshumidification s'est trouvé un créneau auprès des producteurs de bois franc et de pin blanc, surtout des opérations de petite ou de moyenne capacité, car l'acheteur peut construire lui-même l'enceinte du séchoir, réduisant ainsi sa mise de fonds. Les séchoirs par déshumidification atteignent maintenant des températures proches de celles des séchoirs ordinaires, si bien que les temps de séchage ne sont guère plus longs.

Les caractéristiques de circulation de l'air sont du même ordre dans les séchoirs ordinaires et les séchoirs par déshumidification : 90 à 120 mètres (300 à 400 pieds) à la minute pour les bois francs à séchage lent, 150 mètres (500 pieds) à la minute pour les bois à séchage plus rapide, et jusqu'à 210 mètres (700 pieds) pour certains produits spéciaux comme l'aubier d'érable et le pin blanc. On trouve fréquemment dans les installations récentes des variateurs de vitesse qui permettent de moduler la circulation de l'air.

L'objectif principal des opérateurs de séchoir de l'un ou l'autre type est d'éviter les défauts de séchage. Pour y parvenir, ils surveillent de très près le bois en cours de séchage plutôt que de compter sur une commande quelconque du séchoir.

Le séchage sous vide commence à être reconnu comme une technique viable pour le séchage des bois francs. Pratiqué en Europe depuis de nombreuses années, ce n'est que récemment qu'il a commencé à faire sa marque en Amérique du nord. Les dernières innovations de cette technologie et les changements en cours dans l'industrie semblent avoir créé une conjoncture favorable pour ce type de séchoir. Les deux formes de séchage sous vide qui retiennent surtout l'attention sont le séchage sous vide en présence de vapeur surchauffée (V/VS) et le séchage sous vide avec radiofréquence (RFV). Comme leur nom l'indique, les séchoirs V/VS utilisent la vapeur pour chauffer le bois; cette vapeur n'est pas injectée, mais provient plutôt de l'humidité produite par le séchage du bois. Dans le cas du séchage RFV, le bois est chauffé en continu à l'aide d'ondes radiofréquence.

Le principal avantage de la technologie de séchage sous vide réside dans les temps de séchage plus courts. Dans un séchoir V/VS, le temps de séchage représente normalement un tiers ou même moins de ce qu'il serait dans un séchoir ordinaire. Avec un séchoir RFV, le temps de séchage peut tomber à un dix-septième (1/17^{e}) du temps normal. Les températures de séchage plus basses évitent au bois de prendre une teinte plus foncée sous l'effet de la chaleur, et l'absence d'oxygène prévient la formation de certaines taches chimiques. De plus, les séchoirs RFV peuvent sécher des bois de plusieurs épaisseurs sans baguettes. Et ils permettent de sécher efficacement les bois affectés de zones humides. Le principal problème à résoudre pour le séchage sous vide semble être la création d'une base de données adaptée aux essences nord-américaines. Ceci donnerait des indications sur les méthodes à adopter pour des produits particuliers et encouragerait les utilisateurs potentiels à faire confiance à cette technologie.

Dans presque tous les cas, le séchage des bois francs (et, bien souvent, du pin blanc) repose sur une technique manuelle très simple qui consiste à mesurer les progrès du séchage sur des planches témoins. Les autres méthodes courantes sont les sondes à aiguilles et les dispositifs de pesée automatique. Les sondes à aiguilles mesurent en continu la résistance à un courant continu en divers points du séchoir. Étant donné la variabilité inhérente à ce genre de mesure et leur manque de précision, on retrouve surtout cette méthode dans les usines qui effectuent également des mesures manuelles sur planches témoins. Les dispositifs de pesée automatique, quant à eux, remplacent totalement les mesures manuelles; leur principal inconvénient à l'heure actuelle semble être leur prix. On emploie beaucoup les humidimètres portatifs pour vérifier la teneur en humidité finale du bois en supplément de l'information recueillie pour la commande du séchoir, mais ils sont difficiles à utiliser dans le séchoir, et sujets aux erreurs.

Projections technologiques

- *Trouver un moyen d'améliorer l'uniformité de la température dans les séchoirs à feu direct (séchoirs neufs et modification de séchoirs existants).*
- *Optimiser le mode d'utilisation des ventilateurs à vitesse variable.*
- *Élaborer des procédures efficaces d'étalonnage ou des corrélations afin d'obtenir des lectures d'humidité cohérentes avec les divers types d'humidimètre (continu, portatif à résistance et portatif RF) de manière que toutes les lectures soient comparables et utilisables dans des bases de données communes.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode permettant de mesurer avec précision la teneur en humidité du bois gelé.*
- *Élaborer des instruments permettant de mesurer en continu, directement ou indirectement, le taux de séchage réel à l'intérieur du séchoir. Compte tenu de la taille des séchoirs, ceci exigera vraisemblablement un certain nombre de capteurs pour mesurer la température (sèche et humide) en plusieurs points, la masse du bois et sa teneur en humidité, et peut-être encore d'autres indicateurs intimement liés au taux de séchage et au volume d'eau extrait.*
- *Poursuivre la création d 'outils informatiques pour améliorer l'efficacité du séchage.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode pour évaluer les défauts du bois séché (gerces, voilement, etc.) en temps réel et pour analyser cette information dans la commande du séchoir.*
- *Optimiser les programmes de séchage en fonction de l'élimination des contraintes (emploi de l'humidification).*
- *Utiliser les résultats du classement comme intrant pour la commande du séchoir et le contrôle de la qualité.*
- *Évaluer les caractéristiques des séchoirs (et les coûts qui s'y rattachent) en regard des résultats souhaités, et proposer des recommandations pratiques.*
- *Continuer à adapter le séchage V/VS et RFV à une gamme élargie d'applications industrielles.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre une commande de séchoir capable d'intégrer les caractéristiques de la charge (masse et dimensions du bois, moyenne et répartition de la teneur en humidité, température du bois, essence, caractéristiques des piles, potentiel de séchage), les caractéristiques du séchoir, l'apport d'énergie, les caractéristiques de la circulation de l'air et les objectifs de production (qualité, etc.).*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode intégrée pour analyser tous les paramètres relatifs à la production de bois sec, et pour relier ces paramètres à l'information recueillie aux séchoirs et au point de triage, afin d'optimiser les stratégies de triage et de séchage.*

5.8.3 Taches causées par le séchage

Technologie actuelle

Les questions relatives à la coloration du bois ont pris une plus grande importance depuis une dizaine d'années, surtout parce que les acheteurs de parquets et de meubles préfèrent de plus en plus les teintures claires ou même le bois naturel.

On distingue deux types de coloration : celle qui est provoquée par la présence de champignons (coloration de l'aubier) et celle qui provient de réactions chimiques se produisant naturellement dans le bois (taches chimiques). Il n'existe pas de traitement contre les taches chimiques et elles sont plus difficiles à éviter que la coloration fongique. Dans bien des cas, elles sont aussi très difficiles à détecter tant que le bois n'a pas été séché et raboté.

L'érable à sucre est l'une des principales essences feuillues commerciales dans l'Est du Canada. Sa teinte pâle et sa durabilité font qu'il est actuellement très populaire. Malheureusement, c'est aussi une essence sujette à diverses formes de coloration chimique telles que les taches de baguette ou l'apparition d'une teinte grise à l'intérieur du bois. Des travaux réalisés au début des années 90 ont établi que le phénomène de coloration est le résultat d'un mécanisme chimique complexe, mais sans trouver de solution réelle au problème. Les taches de baguettes et autres taches de l'érable sont, semble-t-il, causées par le même type de réaction et les pertes qu'elles entraînent pour l'industrie se chiffrent en millions de dollars.

Quant au pin blanc, il est sujet à des taches brun chocolat dites « taches brunes » ou « coloration brune ». Ces taches sont de nature biologique ou biochimique et elles entraînent aussi des pertes considérables pour l'industrie. Pour les éviter, les scieries limitent souvent le sciage du pin blanc à la saison hivernale. Il n'existe aucun traitement pour protéger efficacement le pin blanc de la tache brune en tout temps de l'année.

Projections technologiques

- *Étudier le phénomène de la coloration chez l'érable à sucre et les autres essences feuillues de valeur, et proposer des solutions.*
- *Étudier le phénomène de la coloration brune chez le pin blanc, et proposer des solutions.*

5.9 Utilisation des sous-produits

Technologie actuelle

Mis à part les copeaux, les principaux sous-produits du sciage sont la sciure, les copeaux de rabotage et l'écorce. On récupère de plus en plus les pièces courtes et les éboutures pour fabriquer par aboutage des produits de haute qualité (voir section 7.3.2 sur l'aboutage). La sciure et les copeaux de rabotage servent souvent de matière première aux usines de panneaux de particules et de MDF.

Dans les grandes scieries, on emploie principalement la sciure et les copeaux de rabotage comme combustible pour la production d'énergie. Les entreprises dotées de séchoirs consomment beaucoup d'énergie et les sous-produits du sciage représentent une source de combustible abondante et économique. Malheureusement, ce genre de technologie n'a pas encore été adapté aux besoins des scieries de faible capacité.

L'écorce, qui représente environ 10 p.100 du volume de la matière première, constitue un problème permanent pour l'industrie. Les méthodes traditionnelles de gestion, comme l'incinération à l'air libre et l'enfouissement, sont interdites dans bien des régions pour des raisons de protection de l'environnement. L'écorce peut servir de combustible et certaines entreprises fabriquent des granules destinés au chauffage domestique. Il est question depuis quelques années de nouvelles applications, telles que le conditionnement des sols et le compostage (à partir d'écorce moulue), mais les volumes inutilisés demeurent considérables et il est urgent de trouver des applications de grande envergure. Certaines entreprises étudient la possibilité de transformer l'écorce en méthanol, éthanol et autres produits chimiques (phénols « verts », par exemple). Toutefois, les diverses tentatives commerciales en ce sens éprouvent beaucoup de difficulté à se tailler une place face à des concurrents qui utilisent le gaz naturel, les résidus de trituration (liqueur noire) ou même les produits d'origine agricole.

Un panneau récemment mis au point semble représenter un certain potentiel pour la conversion de l'écorce en produits industriels. Des essais en usine pilote sont en cours pour créer à partir de ce panneau divers produits brevetables destinés à des applications tant structurales que non structurales. Si ces initiatives sont couronnées de succès, elles pourraient donner naissance à une nouvelle famille de produits écologiques basés sur l'écorce.

Projections technologiques

- *Poursuivre le développement de panneaux et autres produits dérivés de l'écorce.*

5.10 Questions environnementales

Technologie actuelle

L'élimination de l'écorce demeure le principal souci d'ordre environnemental des scieries qui n'ont pas une centrale de cogénération pour les utiliser comme combustible et qui doivent encore avoir recours à l'enfouissement. Les restrictions qui frappent l'incinération à ciel ouvert ont créé une situation délicate. À défaut d'une autre solution, certaines scieries ont installé un incinérateur à chambres multiples muni d'épurateurs d'émissions. L'investissement nécessaire pour respecter les normes d'émissions est de l'ordre de quatre à six millions de dollars par scierie. Pour les nombreuses usines qui ne disposent pas de ressources financières suffisantes, la seule issue pourrait être la fermeture. Certains industriels se sont munis de chaudières pour produire l'énergie nécessaire à leurs séchoirs mais la consommation de résidus est insuffisante. De toute évidence, il demeure donc nécessaire de trouver un substitut aux méthodes actuelles d'incinération; la hausse de prix du pétrole créera peut-être un climat propice à ce genre d'initiative.

Diverses solutions possibles à ce problème ont été proposées dans le domaine de la cogénération ou de la production d'électricité. Une scierie ne peut consommer en général qu'un tiers de l'énergie électrique qu'elle est susceptible de produire à partir de ses résidus. À moins qu'elle ne puisse vendre ses surplus d'énergie à un prix raisonnable, l'opération ne saurait être rentable. L'entreprise qui a recours à la production d'électricité pour résoudre ses problèmes d'incinération fait par ailleurs face à toute une série de facteurs qui échappent partiellement ou totalement à son contrôle, notamment en ce qui touche à la réglementation gouvernementale sur le prix de l'électricité, les restrictions à l'exportation d'électricité, le prix du gaz naturel et les fluctuations de la demande d'électricité.

En ce qui concerne le séchage, les séchoirs par déshumidification et les séchoirs sous vide produisent un condensat contenant généralement des traces de nombreux produits chimiques naturellement présents dans le bois. Il s'agit des matières extractibles du bois qui se gazéifient dans le séchoir pour se condenser ensuite avec la vapeur d'eau. Dans certains cas, il est nécessaire de neutraliser le pH de ce condensat avant de le rejeter à l'égout ou dans une fosse septique.

Les composés organiques volatils (COV) provenant des séchoirs à convection forcée et de certains modèles à déshumidification ne sont pas encore réglementés. Étant donné que l'évacuation de la vapeur utilise un grand nombre d'évents, sans compter les fuites en périphérie des portes, il va de soi que toute réglementation stricte de ces émissions gazeuses exigerait une modification fondamentale du concept actuel de séchoir.

L'élimination de l'huile hydraulique usée, confiée sous contrat à des entreprises spécialisées, constitue un enjeu environnemental pour l'industrie. Les systèmes hydrauliques sont omniprésents. Pour certaines applications, les moteurs à courant alternatif ont remplacé les systèmes hydrauliques. Il est cependant peu probable que ce soit faisable dans tous les cas.

Les poussières, le bruit et les vibrations font aussi partie des questions environnementales qui touchent l'industrie. Depuis de nombreuses années, les fabricants d'équipement améliorent la conception de leurs machines pour résoudre ces problèmes à l'aide d'enceintes et autres techniques. Les couteaux hélicoïdaux rendent les raboteuses moins bruyantes. On a aussi observé que, en règle générale, les outils bien affûtés et convenablement équilibrés sont moins

bruyants (en particulier les lames de scie). Autrement dit, les outils bien entretenus favorisent à la fois la productivité et la protection de l'environnement.

Projections technologiques

- *Poursuivre la conception de machines de transformation du bois plus performantes en matière de bruit et de vibrations.*
- *Créer des piles à combustible ou des centrales de cogénération plus petites permettant à un plus grand nombre de scieries de produire leur électricité et de vendre leurs excédents au réseau.*
- *Continuer les recherches sur les émissions de COV provenant des séchoirs, et les moyens de minimiser ces émissions.*
- *Trouver des huiles hydrauliques plus écologiques à un prix abordable.*
- *Poursuivre les recherches sur les traitements antitaches à faible impact environnemental.*
- *Poursuivre les études visant à aider l'industrie à utiliser une plus grande partie des sous-produits du sciage.*
- *Poursuivre les études visant à aider l'industrie à récupérer un pourcentage croissant de bois massif (pièces courtes, éboutures, etc.) par le biais de la seconde transformation et de la fabrication de produits à valeur ajoutée.*
- *Poursuivre l'élaboration de méthodes permettant de recueillir et de traiter les lixiviats.*

Percées technologiques

- *Mettre sur pied une stratégie intégrée visant à identifier les applications commerciales possibles de l'écorce et de ses dérivés, et proposer un programme de recherche et de développement pour créer la technologie nécessaire dans le cadre de critères de rentabilité.*

CONCLUSIONS POUR L'INDUSTRIE DU SCIAGE DE FEUILLUS

En conclusion, l'avenir de l'industrie du bois franc dépendra dans une large mesure de sa capacité à transformer des billes de plus en plus variables, tant pour le diamètre que pour la qualité, en une gamme de produits plus étendue. La technologie nécessaire pour améliorer la qualité et le rendement valeur est semblable à celle que nous avons identifiée pour le secteur des résineux (optimisation des procédés, contrôle des produits, systèmes de triage et de classement, etc.) Le secteur des feuillus exige un équipement plus performant en ce qui concerne la reconnaissance des défauts et le classement. Dans la plupart des situations cependant, les volumes sont restreints et les usines ne disposent pas des ressources financières nécessaires, si bien qu'il est probablement impossible d'envisager une automatisation totale. Il faudra donc privilégier les outils d'aide aux décisions destinés aux opérateurs. En ce qui concerne les machines, il semble exister des possibilités pour l'adaptation de machines conçues pour les résineux. Encore une fois, le problème sera d'y parvenir dans le cadre de la rentabilité. De nombreuses scieries de feuillus évolueront vraisemblablement vers la valeur ajoutée.

Comme pour le secteur des résineux, le contrôle des procédés représente à la fois le principal défi et le principal instrument de progrès offert à l'industrie. L'information recueillie sur les résultats des diverses fonctions de transformation est insuffisante et celle qui est disponible n'est pas appliquée systématiquement au perfectionnement des procédés. En recueillant une information plus détaillée et plus dynamique sur les produits en cours de fabrication, et en analysant en permanence cette information, les industriels du sciage pourront atteindre un niveau supérieur d'optimisation. De plus, les bases de données ainsi créées serviront de plate-forme pour une commande globale des procédés. Le progrès en ce sens au cours des dix prochaines années risque bien plus d'être freiné par l'industrie elle-même que par ses fournisseurs.

La technologie fondée sur l'informatique exige des outils mais surtout, des gens pourvus des connaissances vitales. L'industrie du sciage du 21e siècle aura besoin de scientifiques pour créer des outils spécialisés, de chercheurs pour les fabriquer et les appliquer à la production, et d'opérateurs pour les utiliser quotidiennement. Le personnel de direction devra aussi acquérir de nouvelles compétences dans divers domaines (marketing, économie, contrôle des procédés, etc.) pour atteindre à une plus grande efficacité.

Dans les scieries plus petites et les usines de deuxième transformation, l'évolution technologique exigera également des connaissances et des outils informatisés, lesquels devront être adaptés aux conditions économiques et pratiques spécifiques à ce secteur. Les fournisseurs de machines et de logiciels ont eu tendance à se concentrer jusqu'ici sur les grandes scieries. La croissance de la deuxième transformation et de la valeur ajoutée semblent créer une conjoncture favorable pour la création d'équipement et de logiciels adaptés à leurs besoins. Le contexte devrait aussi être favorable aux fournisseurs de services car bon nombre d'entreprises seront dans l'incapacité d'avoir toutes les compétences requises à l'interne.

6 Produits à valeur ajoutée de résineux et de feuillus

Nombreux sont les industriels du sciage qui veulent diversifier leurs marchés et ajouter de la valeur à leurs produits en transformant les sciages de base en produits de toutes sortes, depuis la simple latte jusqu'aux moulures relativement complexes. En intégrant ces opérations à leurs activités existantes de fabrication et de marketing, ils sont à même de rehausser la valeur de leur production sans trop augmenter leurs frais d'exploitation. Même si les produits à valeur ajoutée représentent pour beaucoup la voie de l'avenir, le problème pour la plupart reste celui de servir des créneaux de marché précis sans remettre en cause les économies d'échelle acquises.

Les usines de deuxième transformation indépendantes achètent leur bois à des scieries et lui ajoutent de la valeur au moyen d'opérations diverses : délignage, tronçonnage, moulurage et reclassement. Leur matière première consiste souvent en bois de qualité inférieure et leur situation financière ne leur permet pas d'accéder à la haute technologie.

Le secteur de la valeur ajoutée inclut tous les intervenants de la deuxième transformation qui ajoutent de la valeur à des produits de base en les modifiant pour en faire des produits finis ou semi-finis :

- produits de deuxième transformation (spécialités, clôtures, etc.),
- bois d'ingénierie (bois MSR, poutres lamellées-collées, fermes, poutrelles en I, etc.),
- menuiseries (portes, fenêtres, moulures architecturales, pièces tournées, etc.),
- armoires (armoires de cuisine et de salle de bains, portes d'armoires, revêtements de comptoir, etc.),
- meubles (meubles de maison, meubles prêts à assembler, meubles commerciaux et industriels, meubles d'extérieur, etc.),
- palettes et emballage,
- autres produits de bois (baguettes à riz, échelles, etc.).

On classe généralement dans la deuxième transformation les entreprises qui sèchent le bois à contrat et les « *pre-cutters* », qui fabriquent des composantes pour des clients particuliers.

La technologie utilisée dans le secteur de la deuxième transformation ressemble beaucoup à celle des scieries ordinaires en ce qui a trait au scannage, au délignage, au tronçonnage, etc.. Les possibilités techniques exposées précédemment sont également applicables à ce secteur. Pour ce qui est des autres opérations courantes dans le secteur de la valeur ajoutée (séchage individualisé, collage, moulurage, finition, etc.), on se reportera au chapitre 7, Bois d'ingénierie, ou au chapitre 8, Bois d'apparence. Les bois traités sont couverts au chapitre 9.

7 Bois d'ingénierie – Technologie actuelle et potentielle

7.1 Introduction et aperçu de l'industrie

Le concept des bois d'ingénierie n'est pas nouveau. Le réaménagement du bois à l'aide d'un adhésif se pratique à l'échelle industrielle depuis plus d'un siècle dans la fabrication d'un produit éprouvé, le contreplaqué. Les premières poutres lamellées étaient « lamellées-clouées » avant que l'adhésif ne remplace les clous. Les fermes, assemblées au départ avec des goussets et des clous, ont connu une croissance phénoménale depuis une cinquantaine d'années grâce aux connections par plaques d'acier. Alors que les premiers produits d'ingénierie étaient essentiellement conçus pour remplacer des produits de bois traditionnels (panneaux – planches, poutres lamellées – poutres massives), les ingénieurs ont vite compris qu'ils pouvaient exploiter cette nouvelle forme de souplesse pour concevoir des systèmes permettant une utilisation plus rationnelle de la matière première ainsi que des produits mieux adaptés à la demande.

On parlera dans cette section de bois d'ingénierie fabriqués le plus souvent à partir de petites pièces de bois massif à haute performance, et assemblés en fonction de principes d'ingénierie reconnus pour produire le meilleur rapport entre la matière première ligneuse et les besoins particuliers de l'industrie du bâtiment en matière de matériaux de charpente à haut rendement. On traitera particulièrement des bois MSR (classés mécaniquement), des bois aboutés, des poutres lamellées-collées, des poutrelles en I et des fermes assemblées par plaques d'acier. On ne répétera pas dans ce rapport l'information sur les panneaux composites de bois déjà couverte dans un rapport précédent de la série des Cartes routières technologiques. Il ne sera pas non plus question de bois d'ingénierie comme le Parallam[1] et le Parallel Strand Lumber (PSL)[1], qui sont des produits brevetés fabriqués à partir de lamelles, ni des bois de placage lamellé (LVL), fabriqués à partir de placage.

7.2 Vision de l'industrie et facteurs critiques

Le marché des bois d'ingénierie a connu une croissance prodigieuse au cours des dix dernières années, et il continue à se développer au rythme de 250 millions de pieds mesure de planche (pmp) (équivalents) par année rien qu'aux États-Unis. Même si la croissance continue de l'économie au cours de cette période explique en partie un tel succès, l'industrie y voit plutôt le résultat de divers facteurs sous-jacents et elle estime que cette tendance va se poursuivre.

Dans toutes les régions du Canada autres que la côte Pacifique, le facteur dominant dans la croissance de ce secteur de l'industrie a été l'évolution des ***caractéristiques de la matière première***. Les arbres récoltés sont de plus en plus petits du fait de rotations plus courtes et autres facteurs. Les bois d'ingénierie offrent à l'industrie du bois le moyen unique d'utiliser des billes plus petites et de qualité inférieure et de leur ajouter de la valeur. Il devient possible, dans certains cas, de fabriquer des éléments de charpente à partir d'essences sous-utilisées et non traditionnelles comme le tremble ou les peupliers hybrides de plantation. L'industrie canadienne a saisi cette occasion, surtout en Alberta et dans les provinces de l'Est, et le secteur des bois d'ingénierie connaît la croissance la plus rapide de l'industrie.

Comme toutes les activités de deuxième transformation et de valeur ajoutée, la fabrication des bois d'ingénierie bénéficie des encouragements des divers paliers de gouvernement à cause des perspectives qu'elle ouvre du point de vue de ***l'utilisation optimale de la matière première, la***

[1] Marques de commerce appartenant à Trust Joist

création d'emplois et la capacité d'exportation. Compte tenu des facteurs qui pèsent sur l'avenir de l'industrie, et notamment l'accès à la matière première, la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée, les besoins en recherche et développement, etc., et compte tenu aussi que les PME continueront à dominer ce secteur, ***l'intérêt et l'appui des gouvernements*** vont jouer un rôle critique.

Le régime de ***quota*** imposé par les États-Unis aux exportations canadiennes de bois d'œuvre de résineux a poussé un nombre grandissant de scieries à se lancer dans la fabrication de produits et de systèmes d'ingénierie ou autres produits à valeur ajoutée. Sous le régime de quota, les producteurs de bois d'œuvre tentent de maximiser la valeur de leurs exportations en se concentrant sur les qualités supérieures. Les qualités inférieures sont donc disponibles localement pour la deuxième transformation et la valeur ajoutée. Il est possible que le régime de quota fasse place à d'autres arrangements; le secteur de la valeur ajoutée perçoit cette possibilité comme une menace puisqu'elle affecterait ses approvisionnements de bois à un prix raisonnable. Cependant, si le régime de quota est maintenu ou s'il fait place à une régime quelconque de « libre échange », il semble bien que les raisons d'ajouter de la valeur à la source, ou le plus en amont possible, resteront valides.

Des prix élevés pour le bois favorisent la croissance des bois d'ingénierie car ils poussent à la substitution. Même si, de toute évidence, des prix élevés jouent en faveur de l'acier et autres matériaux concurrents, ils représentent un facteur important dans le processus d'homologation des bois d'ingénierie, historiquement plus coûteux. Ce n'est ni le temps ni l'endroit pour prédire les hauts et les bas de l'économie nord-américaine au cours de la décennie à venir, et le prix du bois dépendra sans aucun doute de ces fluctuations, mais on peut prédire sans trop de risque que dans l'ensemble, les approvisionnements en bois continueront d'être limités. Ceci aura pour effet de favoriser une préférence pour les produits d'ingénierie.

Architectes, ingénieurs et constructeurs apprécient ***la qualité et la fiabilité*** des bois d'ingénierie. Les composantes de bois sont individuellement contrôlées afin de s'assurer qu'ils possèdent les bonnes propriétés physiques et mécaniques avant de les accepter dans le processus de fabrication. Le contrôle de qualité est strict et les produits sont normalement certifiés par une tierce partie. Les valeurs de calcul sont précisément déterminées et les variations limitées. Chacune des pièces est conforme aux spécifications prévues, ce qui évite à l'utilisateur d'en rejeter au chantier. Pour assurer un niveau acceptable de fiabilité, l'industrie devra approfondir ses connaissances de la matière première, en particulier en ce qui a trait aux ***propriétés spécifiques des différentes essences*** (plutôt que des groupes d'essences traditionnels).

Avec les bois d'ingénierie, il est possible de ***concevoir les produits en fonction des besoins particuliers et changeants*** de l'industrie du bâtiment et des propriétaires (ex. : portées plus longues, diminution du temps de construction). Les prix de vente sont peut-être plus élevés que pour le bois d'œuvre ordinaire, mais les coûts de construction tendent à être plus bas, surtout dans le cas des structures complexes actuellement en vogue.

Tous les matériaux évoluent avec le temps et il en est de même pour les techniques du bâtiment. La popularité des ***systèmes de construction préfabriqués*** sur les chantiers de construction joue aussi en faveur des éléments de construction industrialisés, plus faciles à installer. Cette tendance se trouve d'ailleurs renforcée par une ***pénurie d'ouvriers spécialisés dans les métiers du bâtiment***.

Pour profiter des occasions de vente et pour offrir les bons produits au bon moment, l'industrie aura besoin d'une ***connaissance très pointue du marché***, semblable à celle qu'utilise le secteur des produits de grande consommation, c'est-à-dire une connaissance des tendances de la consommation, de l'évolution des systèmes de distribution (commerce électronique, par exemple), et des caractéristiques de produit recherchées.

Même si ce rapport est consacré à l'évolution de la technologie en rapport avec les bois d'ingénierie existants, il reste que c'est un domaine qui, par sa nature même, constitue un véhicule idéal pour ***l'innovation***. On voit d'ailleurs apparaître de nouveaux produits à un rythme accéléré. Les bois d'ingénierie représentent la meilleure stratégie offerte à l'industrie du bois pour maintenir sa part du marché du bâtiment résidentiel, l'augmenter dans le bâtiment commercial et institutionnel, et accroître le volume d'exportations dans un monde compétitif en livrant au consommateur un produit de plus grande valeur. Pour connaître le succès, l'innovation devra toutefois être encadrée par le ***développement de systèmes de construction liés à la demande***.

Pour conserver sa part du marché face à la concurrence agressive de l'acier et du béton, et pour pénétrer les marchés où le bois ne jouit pas encore du statut de matériau traditionnel, l'industrie doit créer et promouvoir ***des options de design*** et ***des caractéristiques de performance au niveau des systèmes*** que l'on n'associe pas nécessairement au bois proprement dit : durabilité, résistance au feu, résistance aux charges extrêmes et facilité d'installation. Ceci suppose qu'on développe des produits novateurs en fonction de systèmes novateurs. C'est là un sujet critique qui dépasse le cadre du présent rapport et qui devrait faire l'objet d'une étude distincte; on trouvera une recommandation à cet effet au chapitre 11.

Même si le design est l'élément clé des produits nouveaux, les produits existants conserveront leur place sur le marché en ***renforçant leurs position concurrentielle*** par l'adoption d'une technologie de pointe permettant de réduire les coûts de production. Il faudra pour cela créer des outils d'aide aux décisions et des approches économiques à l'automatisation.

En tant qu'éléments de charpente, les bois d'ingénierie sont soumis à des normes strictes et à des procédures d'approbation. Comme les normes se sont développées en regard des matériaux traditionnels, elles peuvent s'avérer fort coûteuses pour les produits et systèmes novateurs malgré les efforts consacrés par divers organismes à résoudre les problèmes d'***accès au marché***. Ces problèmes se compliquent encore dès qu'il s'agit d'exportations outremer, les sommes nécessaires pour obtenir tous les documents exigés dépassant de loin les capacités financières de la plupart des producteurs.

Du fait que les bois d'ingénierie sont destinés à des applications structurales, la prospérité de l'industrie dépendra de ***l'existence de compétences techniques de pointe***, non seulement au chapitre de la fabrication, mais aussi pour la recherche, le développement et la commercialisation.

Dans l'ensemble, l'industrie se voit sous un jour très optimiste, avec un potentiel quasi-illimité aux États-Unis et ailleurs. Il y a tout lieu de croire que la réalité justifie cet enthousiasme. Néanmoins, le succès de l'industrie dépendra de sa capacité à tenir le rythme en s'appuyant sur une connaissance dynamique du marché et une technologie de pointe, et à transformer ces éléments en valeur commerciale.

7.3 Principaux produits d'ingénierie à base de bois

Cette section est consacrée aux principaux produits d'ingénierie de l'industrie du bois et aux questions qui leur sont particulières. La section suivante (7.4) aborde les sujets techniques communs à l'ensemble de ces produits.

7.3.1 Bois MSR

Les bois MSR sont des bois d'œuvre dont la résistance mécanique a été éprouvée à l'aide d'une machine appliquant une contrainte mécanique. La machine mesure la rigidité de la pièce et lui attribue un niveau de classement en fonction de son module d'élasticité (module de Young). Les études expérimentales ont établi qu'il existe une corrélation directe entre la rigidité à la flexion

d'une pièce de bois, sa densité, sa résistance à la flexion (ou module de rupture) et sa charge de rupture.

Le bois MSR diffère du bois dont la résistance mécanique est évaluée visuellement par le fait que chacune des pièces est soumise à un essai non destructif en flexion. Le classement obtenu permet aux concepteurs de réduire les coefficients de sécurité dans leurs calculs sans augmenter la marge de risque. La production de bois MSR est surtout destinée à la fabrication de poutrelles, de fermes de toitures ou des solives ajourées, secteurs qui recherchent l'efficacité technique et économique dans les matériaux qu'ils emploient. Le classement MSR représente évidemment le plus grand potentiel pour des essences comme l'épinette noire, le pin de Murray et autres essences à croissance lente et à forte densité provenant de la forêt boréale, dont il reconnaît les propriétés supérieures. C'est la raison pour laquelle de nombreuses scieries se sont lancées dans la production de MSR et d'autres suivront leur exemple.

La première machine canadienne de classement par contrainte mécanique a été installée en Colombie-Britannique en 1976. De nos jours, le classement MSR, qui permet d'identifier plus facilement les pièces plus résistantes que le classement visuel, est devenu courant. On emploie deux types de machine pour prédire les propriétés mécaniques : l'une se fonde sur la rigidité en flexion alors que l'autre mesure la densité du bois (on parle généralement dans ce cas de bois évalué mécaniquement, ou de bois MSL). Dans les deux cas, les pièces se trouvent classées en catégories correspondant aux propriétés mécaniques calculées.

Le classement par contrainte mécanique ne remplace pas le classement visuel puisqu'on fait toujours appel à des spécialistes pour modifier la décision de la machine lorsque la pièce de bois n'est pas conforme aux critères d'apparence de la norme. En Amérique du nord, la production de bois MSR est sujette à une certification de l'usine (c'est-à-dire que la machine est réglée en fonction des paramètres de l'usine) complétée par un programme d'essais pour vérifier la résistance et la rigidité des pièces classées. Comme on l'a vu à la section 4.16 sur le classement des bois résineux, il existe maintenant des appareils équipés de scanneurs et capables de mesurer avec précision et cohérence la flache et autres défauts de nature géométrique. Les recherches se poursuivent par ailleurs sur des dispositifs de vision qui permettraient de mesurer les nœuds, la carie et autres défauts d'apparence.

Les méthodes commerciales d'évaluation du bois sont des outils très efficaces pour classer le bois d'œuvre destiné à la charpente, surtout si ce bois doit être employé en flexion. Les valeurs de calcul attribuées au bois pour la traction, la compression et le cisaillement proviennent par contre d'une étude expérimentale; elles ne correspondent donc pas nécessairement au potentiel de chacune des pièces. À mesure que se multiplient les spécifications applicables au bois d'œuvre, d'autres formes de classement vont devenir nécessaires. Les travaux de recherche se poursuivent sur diverses méthodes qui permettraient d'évaluer globalement les bois pour leur rendement structural et leur apparence. Voir aussi la section 7.4.6, Contrôle de la qualité et des procédés.

Étant donné que le bois MSR provient de lots de production qui auraient autrement été vendus selon un classement visuel, toute forme de ségrégation ou de modification effectuée en amont dans le but d'augmenter le rendement MSR serait avantageuse.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre des méthodes d'optimisation du classement MSR, telles que la Trousse MSR de Forintek, qui permettent au producteur d'optimiser le rendement qualité en analysant les résultats obtenus par la machine avec le bois de l'usine.*
- *Élaborer et mettre en œuvre des techniques de scannage susceptibles de prédire le rendement MSR potentiel des billes* (voir *section 4.6).*

- *Élaborer et mettre en œuvre un moyen de trier économiquement les bois en fonction de l'essence, de la densité, de la teneur en humidité et autres propriétés avant le classement MSR.*

Percées technologiques

- *Mettre en œuvre un dispositif de scannage multi-capteurs faisant appel à l'analyse graphique pour détecter les défauts non géométriques du bois de manière à éliminer le classement visuel. L'appareil doit pouvoir s'adapter aux divers centres de fabrication et aux spécifications particulières des clients.*
- *Mettre au point des méthodes et des dispositifs permettant de prédire avec plus de précision la charge de rupture en traction d'une pièce de bois, ainsi que sa résistance à la flexion, à la compression et au cisaillement.*

7.3.2 Bois abouté

L'aboutage (ou jointage) consiste à reconstituer des pièces de bois en assemblant bout à bout des pièces courtes à l'aide d'un adhésif après avoir façonné une série d'entures « en sifflet » dans les extrémités des pièces courtes. Cette méthode d'aboutage a pris naissance aux États-Unis dans les années 20, répondant surtout à l'époque aux besoins de l 'industrie de l'automobile. L'industrie du lamellé-collé devait par la suite l'adopter en remplacement de l'aboutage à enture simple, plus coûteux en bois. L'aboutage « à sifflets multiples » est devenu aujourd'hui un moyen de convertir les pièces de bois trop courtes ou de basse qualité en produits à haute performance de plus grande valeur.

L'aboutage de bois à usage structural ou autre est devenu pratique courante dans l'industrie du sciage et bien acceptée par l'industrie du bâtiment et les divers organismes qui s'y rattachent. On parlera dans la présente section d'aboutage à usage structural, les applications d'apparence étant couvertes au chapitre 8. Pour certains utilisateurs, le bois abouté est préférable au bois massif non abouté du fait de sa plus grande stabilité.

La résistance potentielle du joint est une fonction interdépendante de la pente des entures, de leur pas, de leur longueur et de leur épaisseur à la pointe. Il serait difficile de réaliser économiquement le joint idéal de résistance maximale. Toutefois, dans la mesure où l'épaisseur de la pointe approche le zéro et où la pente et la longueur des entures assurent une bonne surface de collage, la résistance du joint approchera la contrainte de rupture du bois (environ 90 p.100).

On connaît trois types principaux de joints structuraux : verticaux, horizontaux et inclinés à 45°. On retrouve surtout les joints verticaux (entures façonnées parallèlement à la face étroite de la pièce) en Europe, et c'est une technique qui permet de réaliser un maximum de 60 joints à la minute. Le joint horizontal (entures façonnées parallèlement à la face large de la pièce) est plus commun en Amérique du Nord et permet d'atteindre de 60 à 140 joints à la minute. Dans des conditions normales de fabrication, le joint vertical tend à être plus résistant que le joint horizontal et on le préfère pour la fabrication de lamellés-collés. Le joint horizontal sert surtout à la fabrication de bois abouté pour la construction.

On aboute normalement des bois secs. Il serait pourtant économiquement avantageux d'abouter des pièces à l'état vert puisque cela permettrait d'augmenter la valeur des pièces courtes, de réduire le volume de copeaux, de produire des bois de valeur à partir de qualités inférieures et d'utiliser plus efficacement le séchoir (à moyenne température). La technologie actuelle des adhésifs permet d'assembler des pièces dont la teneur en humidité atteint 180 p.100. Il est même possible d'assembler des pièces sèches et des pièces humides, gelées ou non.

7.3.2.1 Matière première

Technologie actuelle

La matière première utilisée dans la fabrications de bois abouté consiste généralement en chutes d'éboutage (éboutures) provenant de l'atelier de rabotage. Étant donné les difficultés actuelles d'approvisionnement et les problèmes d'évacuation des résidus, les chutes d'éboutage en vert représentent également une matière première intéressante puisqu'il s'agit d'une application plus valorisante que la combustion ou les copeaux à pâte. On aboute surtout des bois résineux puisqu'il est rare en Amérique du Nord que l'on utilise des bois francs en charpente, sauf dans le cas des panneaux composites. Il serait cependant possible d'employer des essences feuillues dans la fabrication de poutrelles, où elles pourraient assurer une charge de rupture plus élevée à la semelle inférieure.

Projections technologiques

- *Concevoir un moyen économique de réaliser des joints verticaux dans les bois vert ou sec.*
- *Adapter les techniques d'aboutage des résineux aux feuillus, et les faire entériner par les organismes normatifs.*
- *Élaborer et mettre en œuvre des méthodes non destructives de classement pour les pièces de bois courtes, ce qui permettrait de les trier et de les assembler à d'autres pièces de même résistance, produisant ainsi un plus grand pourcentage de bois à haut rendement. Le classement pourrait aussi tenir compte d'autres critères tels que la stabilité dimensionnelle (bois de compression, pente de fil excessive, etc.), la teneur en humidité, etc.*

7.3.2.2 Manutention

Technologie actuelle

L'alimentation des pièces dans la machine exige actuellement un ou deux opérateurs alors que l'empilage des planches en sortie de machine en exige un troisième. On emploie de plus en plus des dispositifs d'alimentation automatique pour placer les pièces sur les taquets et augmenter la productivité. À mesure que la valeur du bois augmente et que celle des copeaux diminue, on tend à abouter des pièces de plus en plus courtes; il est donc de plus en plus difficile d'automatiser les opérations de manutention alors même que l'automatisation devient une condition de productivité.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre des systèmes automatiques ou semi-automatiques de manutention des pièces à l'entrée et à la sortie de l'abouteuse assez rapides pour exploiter au maximum la capacité de la machine.*
- *Proposer de nouvelles méthodes pour faciliter ou automatiser la mise au point de l'abouteuse. Le temps de mise au point deviendra encore plus critique quand l'alimentation aura été automatisée.*

7.3.2.3 Préparation des pièces et enturage

Technologie actuelle

Avant de procéder au façonnage des entures, il faut trier les pièces et purger les défauts en fonction de critères de qualité stricts car les sections doivent être parfaitement à angle droit et sans défaut.

Le profilage de l'enture est réalisé à l'aide de couteaux (jetables dans certains cas) disposés en série sur un porte-outils rotatif ou de lames de scie profilées. Les problèmes d'ajustage entre

pièces à abouter proviennent le plus souvent d'irrégularités dans la longueur des entures ou dans leur pente. Les principaux paramètres de l'opération sont la vitesse de l'outil de coupe, la vitesse d'amenage et la profondeur de coupe.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre une technique d'aboutage en deux étapes, avec assemblage préliminaire des pièces assurant au joint une résistance suffisante pour permettre leur manutention et leur transformation.*
- *Élaborer et mettre en œuvre un système de vision informatisé capable de détecter et de rejeter les pièces dont les entures sont défectueuses, et de contrôler le dosage et la répartition de l'adhésif de manière à éliminer les joints faibles et à faciliter l'entretien et la mise au point.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre une technique d'aboutage combinant les entures multiples et un autre élément (chevilles, fibres synthétiques, nouveau type d'adhésif, etc.) de manière à diminuer la longueur des entures dans les joints structuraux.*

7.3.2.4 Application de l'adhésif et pressage

Technologie actuelle

Dans le cas de l'application par rouleaux tendres. on alimente continuellement en adhésif des rouleaux rainurés qui le transfèrent aux surfaces à encoller. On règle la quantité d'adhésif en faisant varier la distance entre le rouleau et le bois, et la pression appliquée.

Pour l'application par vaporisation, l'adhésif est atomisé et transféré au bois. Comme la position des surfaces a peu d'influence sur l'application, l'adhésif atteint les plans horizontaux les moins accessibles. On règle la quantité d'adhésif en variant la pression du système et les caractéristiques de l'adhésif.

Dans le cas de l'application par peigne, un peigne profilé extrude l'adhésif sur le bois. On règle la quantité d'adhésif à l'aide d'un ordinateur qui commande le début et la fin de l'application d'adhésif à chacune des pièces.

La méthode de pressage la plus courante consiste à assembler les pièces en un ruban continu que l'on tronçonne en longueurs fixes et que l'on soumet ensuite à une pression dans les trois directions pour créer des éléments de charpente reconstitués.

Dans les ateliers à plus grande capacité, la méthode de pressage en continu préférée repose sur une différence de vitesse entre deux jeux de rouleaux. Les rouleaux avant tournent plus lentement que les rouleaux arrière, ce qui a pour effet d'exercer une pression continue sur le ruban de bois reconstitué.

Jusqu'à récemment, on employait dans l'industrie des adhésifs hydrosolubles, lesquels n'étaient utilisables qu'avec le bois sec. La présence d'eau dans les fibres du bois provoquait une dilution de l'adhésif, qui pénétrait alors dans le bois par capillarité, et le joint était affaibli. D'importants travaux de recherche ont été effectués sur le développement d'adhésifs capables de coller les bois humides.

Projections technologiques

- *Concevoir une méthode de positionnement et d'assemblage des pièces suffisamment précise pour éliminer la nécessité de raboter après l'aboutage (et éliminer par la même occasion les problèmes liés aux dimensions des bois secs).*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode permettant de déterminer et de commander la pression effectivement appliquée aux assemblages.*
- *Explorer la possibilité de faire appel à l'activation superficielle dans le but d'améliorer la performance de l'adhésif (mouillage de la face opposée).*

7.3.2.5 Prise de l'adhésif

Technologie actuelle

La méthode communément employée dans l'industrie pour polymériser l'adhésif fait appel au chauffage par radiofréquence (RF), qui présente l'avantage de concentrer l'énergie là où se trouve un matériau conducteur. L'adhésif, qui contient de l'eau, constitue donc une voie de passage facile. L'échauffement du joint de colle dépend beaucoup de la teneur en humidité et de la densité du bois; pour cette raison, la teneur en humidité du bois doit être suffisamment uniforme pour éviter la dispersion de l'énergie.

Certaines usines de l'Ouest ont adopté une technique mise au point par le Laboratoire des produits forestiers de l'Ouest (devenu Forintek Canada Corp.), laquelle consiste à amener les entures à une teneur en humidité donnée avant d'appliquer l'adhésif. On assemble ensuite les deux pièces, on les presse, et l'adhésif se trouve polymérisé à 90 p.100 dans les trois minutes, ce qui est suffisant pour l'empilage. Cette méthode est en usage dans l'industrie depuis une vingtaine d'années et elle est actuellement appliquée à l'aboutage de bois vert dans deux usines de Colombie-Britannique. Les joints ainsi obtenus sont conformes à tous les critères des normes NLGA SPS 1 et SPS 3.

Projections technologiques

- *Élaborer de nouveaux systèmes adhésifs pour le bois sec à usage structural, qui soient faciles à appliquer tout en nécessitant moins d'énergie.*
- *Optimiser les systèmes adhésifs en cours de développement pour le bois vert et les faire reconnaître par les normes applicables aux emplois structuraux.*
- *Élaborer et mettre en œuvre un système de polymérisation des adhésifs capable de moduler l'énergie appliquée en fonction de la teneur en humidité et autres facteurs critiques.*
- *Concevoir une technique d'évaluation des joints d'aboutage permettant d'éprouver en continu chacun des joints et d'éliminer ainsi les essais de vérification hors ligne.*

7.3.3 Lamellé-collé

Technologie actuelle

Le lamellé-collé est l'un des plus anciens produits d'ingénierie de l'industrie du bois. Il se compose de plusieurs « lamelles » de bois assemblées face contre face à l'aide d'un adhésif à haut rendement de qualité « extérieur » pour former une poutre. Les lamelles sont en l'occurrence des pièces de bois séché de 2x3 à 2x12, aboutées et classées visuellement ou mécaniquement. Les essences les plus couramment employées en Amérique du nord sont le sapin de Douglas et le pin jaune du sud, mais les fabricants canadiens se tournent de plus en plus vers l'épinette (blanche et noire) et le pin (pin gris et pin de Murray).

Bien que le lamellé-collé évoque surtout les stades et autres applications spectaculaires où les portées atteignent 100 mètres (330 pieds) et davantage, la plupart des bois lamellés-collés sont

beaucoup plus modestes. Ils entrent dans la construction de maisons, d'écoles et autres bâtiments institutionnels, commerciaux, administratifs ou récréatifs en remplacement de l'acier. La demande nord-américaine de lamellé-collé est relativement stable, aux alentours de 700 000 m^3 (300 million de pmp, APA – The Engineered Wood Association), la production canadienne représentant moins de cinq pour cent de ce total. À moins que l'on n'assiste à une reprise des exportations ou à un regain de demande dans la construction commerciale légère, la production canadienne de lamellé-collé devrait rester stable.

Les dimensions standards de lamellé-collé vont de 80 à 365 mm (3 à 14 pouces) pour la largeur de poutre, et de 114 à 1820 mm (4,5 à 71 pouces) pour la hauteur. Les lamelles utilisées font normalement 38 mm (1½ pouce) d'épaisseur. Les fabricants achètent généralement des bois répondant aux spécifications particulières de la NLGA pour cette application, qui fixent les tolérances d'épaisseur et d'humidité (7 à 15 p.100). On doit par ailleurs entreposer ces bois dans des conditions climatiques déterminées (15 à 20°C et 55 à 65 p.100 d'humidité relative) pendant une semaine avant l'assemblage. Les défauts d'apparence tolérés dans la fabrication de lamellés-collés varient selon les applications (architecturale, industrielle ou commerciale).

Dans les usines spécialisées dans la fabrication de lamellés-collés de grandes dimensions, l'assemblage s'effectue à la température ambiante et la résorcine-formol utilisée comme adhésif « prend » en une dizaine d'heures.

On voit apparaître de nouveaux produits à haute performance qui combinent le bois et des polymères armés (*fibre-reinforced polymers, FRP*). Ces produits offrent un certain nombre d'avantages : résistance supérieure, rigidité et ductilité, dimensions réduites, etc. Il serait particulièrement intéressant de marier ces FRP à des essences considérées jusqu'ici comme trop faibles pour les charpentes, et d'étendre ainsi les sources de matière première. Des études sont en cours sur le rendement des systèmes bois-FRP, mais beaucoup de questions sont encore sans réponse, en rapport notamment avec l'effet des variations dimensionnelles du bois liées aux changements d'humidité. La durabilité du système reste aussi à établir.

Les innovations identifiées par l'industrie portent surtout sur les réductions de coûts que pourrait autoriser une plus grande souplesse en matière d'essences, de qualité de bois, d'adhésifs, de configuration, etc. On pourrait aussi songer à créer une nouvelle génération de bois lamellés-collés en combinant des lamelles de bois à d'autres matériaux, de préférence dans le cadre de systèmes novateurs de construction (pour la construction résidentielle, par exemple).

Projections technologiques

- *Établir les propriétés fondamentales de nouvelles essences comme le tremble de façon à permettre leur utilisation dans le lamellé-collé.*
- *Adapter la technologie du lamellé-collé à l'utilisation de bois MSR ordinaires afin d'éliminer la nécessité de reclasser le bois.*
- *Élaborer des configurations en fonction des essences canadiennes et les faire accepter aux États-Unis. Les formules actuelles avantagent les essences américaines.*
- *Créer de nouvelles catégories de contrainte de flexion ou de compression permettant d'optimiser l'emploi d'essences comme l'épinette noire.*
- *Développer le concept de lamellés-collés assemblés à l'aide de plaques métalliques de connexion.*

Percées technologiques

- *Poursuivre le développement de nouvelles générations de produits lamellés-collés, notamment du type bois-FRP.*
- *Élaborer de nouveaux systèmes adhésifs afin d'augmenter la productivité par des temps de prise plus courts et les faire reconnaître par les autorités compétentes.*

7.3.4 Poutrelles en I

De tous les produits d'ingénierie destinés à la construction de planchers, les poutrelles ont connu le plus grand succès. De 1994 à 1997, le pourcentage de planchers utilisant des poutrelles est passé de 20 à 30 p.100. Parallèlement, la production nord-américaine de poutrelles est passée de 36 millions de mètres (120 millions de pieds linéaires) en 1987 à plus de 242 millions de mètres (796 millions de pieds) en 1999 (*Resource Information Systems Inc.: Wood Products Review*, janvier 2000). Elle devrait atteindre 360 millions de mètres (1,2 milliard de pieds) d'ici 2002. Selon l'*APA – The Engineered Wood Association*, 81 p.100 des poutrelles fabriquées sont utilisées en plancher; les portées sont théoriquement illimitées, mais pour des raisons économiques, elles dépassent rarement 12 mètres (40 pieds).

Les principaux avantages de ce produit sont sa légèreté et sa facilité de mise en œuvre. On le considère aussi comme moins susceptible de se déformer que les solives de bois massif. Les constructeurs qui emploient des poutrelles reconnaissent qu'elles permettent de diminuer le coût unitaire des planchers en réduisant les frais d'installation. Les poutrelles pénètrent avec succès le marché nord-américain de la construction résidentielle. C'est un secteur très compétitif et toute innovation relative au produit ou au procédé de fabrication doit d'abord maintenir ou améliorer la productivité actuelle.

L'usine de poutrelles typique comporte une chaîne de préparation de l'âme, une chaîne d'assemblage de la poutrelle, une section de polymérisation et une section d'emballage. Il existe des systèmes clés en main de toutes les capacités, depuis l'atelier manuel produisant 30 mètres (100 pieds) à la minute jusqu'à l'usine automatisée dont la capacité atteint 120 mètres (400 pieds) à la minute.

7.3.4.1 Conception des poutrelles et matériaux

Technologie actuelle

Les poutrelles en I sont constituées d'un panneau tenant lieu d'âme, collé à deux semelles ou semelles (supérieure et inférieure) à l'aide d'un adhésif « intérieur ». Les semelles peuvent être en bois LVL, mais elles sont plus souvent en bois sec MSR ou classé visuellement (généralement du 2x3 ou du 2x4), soit d'une seule pièce soit abouté. Certains grands fabricants et distributeurs américains s'intéressent beaucoup aux poutrelles composées de semelles de bois massif provenant d'épinette dense canadienne. L'épinette noire de la forêt boréale est reconnue pour sa résistance, la plus élevée de tous les résineux d'Amérique du Nord. Elle représente donc un matériau plus avantageux que le LVL et les semelles de poutrelle pourraient devenir un important débouché pour les bois ÉPS de la forêt boréale.

Le concept des poutrelles est resté relativement stable et la plupart des innovations touchent à leur point critique : le joint entre l'âme et la semelle. Il existe aussi une poutrelle à âme double qui, possédant les caractéristiques d'une poutre caisson, est plus rigide et plus stable que la poutrelle ordinaire. Elle permet aussi l'emploi de pièces de 2x4 sur chant et une plus grande portée pour une profondeur donnée. Les chercheurs de Forintek ont par ailleurs conçu une poutrelle en Z, autre variation sur le concept de la poutrelle en I, qui vise à assurer un maximum de fiabilité tout en facilitant la fabrication. Les semelles sont alors constituées de pièces de 2x4 refendues en diagonale et l'âme exploite la grande résistance au cisaillement de l'OSB.

L'utilisation de bois francs dans la fabrication des semelles (surtout pour la semelle inférieure, qui travaille en traction) permettrait d'augmenter les portées. Il est cependant valable de s'interroger sur la faisabilité technique d'usiner ces bois francs (rainurage, etc.) et de les clouer sur le chantier. C'est une technologie qui exigera une évaluation technique et économique plus détaillée.

Projections technologiques

- *Étudier la faisabilité technique et économique d'utiliser de nouvelles essences, et en particulier certains bois francs, dans la fabrication de poutrelles.*
- *Concevoir une technique novatrice de connexion entre l'âme et les semelles dans le but de maximiser le transfert de charge et d'améliorer la fiabilité du produit tout en réduisant les coûts.*
- *Améliorer la performance des poutrelles à l'aide de produits de renforcement comme les polymères armés (FRP).*

7.3.4.2 Préparation de l'âme

Technologie actuelle

Les feuilles de contreplaqué ou d'OSB ordinaire sont extraites des paquets par une désempileuse. Elles sont refendues en bandes de la largeur voulue avec une scie multilames. Certains fabricants coupent ces bandes sur la longueur du panneau, produisant des longueurs de 2,5 à 3,6 m (8 à 12 pieds) alors que d'autres refendent sur la largeur et obtiennent des longueurs de 1,2 m (4 pieds). On fait alors passer les bandes dans une machine qui profile les deux rives longitudinales en vue du joint âme-semelle. Une autre machine profile ensuite les extrémités des bandes pour l'assemblage bout à bout de l'âme. Les âmes ainsi produites sont empilées et transférées à la chaîne d'assemblage des poutrelles.

7.3.4.3 Assemblage

Technologie actuelle

On introduit longitudinalement dans la machine d'assemblage les semelles placées sur chant. Un outil de profilage produit une rainure dans la face intérieure de la semelle pour recevoir l'âme, et on applique l'adhésif à la rainure.

Les âmes provenant de la chaîne de préparation sont désempilées. On applique l'adhésif (résorcine) aux profils des extrémités et on place les âmes dans un chargeur situé près du centre de la machine d'assemblage.

Pour l'assemblage proprement dit des poutrelles, les semelles traversent la machine sur chant. Le chargeur situé au-dessus de la machine libère un à un les panneaux d'âme et l'assemblage est réalisé sous l'effet de rouleaux latéraux qui appliquent la pression nécessaire pendant que des rouleaux situés au-dessus et au-dessous appliquent la pression permettant d'assembler les âmes en bout.

En aboutant ainsi les panneaux d'âme, on obtient une âme continue. Toutefois, la longueur de la poutrelle est limitée par celle des semelles. Un scanneur détecte l'extrémité des semelles et une scie mobile coupe la poutrelle à longueur.

7.3.4.4 Polymérisation de l'adhésif

Technologie actuelle

Dans leur choix d'adhésif, les fabricants de poutrelles doivent tenir compte du temps de prise de l'adhésif en fonction de la température. Certaines formulations exigent des températures de réaction élevées (phénol-formol) alors que d'autres se polymérisent à température ambiante sur une période de temps relativement longue (résorcine-formol). Les procédés à haute capacité en continu font appel à des adhésifs sensibles à la chaleur et utilisent un four pour assurer la prise de l'adhésif. Le temps de rétention dans le four dépend de la température : à 65°C (150°F) par exemple, il faut de 11 à 20 minutes. Le degré de polymérisation atteint est alors d'environ

90 p.100, ce qui est suffisant pour la manutention des poutrelles. On peut ensuite les empiler à l'extérieur, même s'il gèle. La polymérisation se poursuit pendant plusieurs jours.

Dans les petites entreprises, il peut être préférable d'entreposer les poutrelles finies à l'intérieur de l'usine jusqu'à ce que l'adhésif soit totalement polymérisé, ce qui peut prendre de 24 à 48 heures à température ambiante.

Quand la polymérisation est complète, on inspecte les poutrelles, on les coupe à longueur et on les empile en paquets. Puis on emballe les paquets et on les cercle avant de les entreposer à l'extérieur.

Projections technologiques

- *Élaborer un système adhésif à prise rapide afin de réduire le temps de rétention, et le faire approuver.*

7.3.5 Fermes de toiture triangulées

Les premières fermes assemblées à l'aide de plaques d'acier sont apparues vers 1950; les plaques d'acier venaient alors remplacer les goussets de contreplaqué utilisés jusque là. Ces nouvelles fermes industrialisées, qui employaient des bois des essences ÉPS, devaient pénétrer rapidement le marché résidentiel canadien dans les années 60, au point d'atteindre une quasi-saturation dès le début des années 80. Elles permettent les longues portées ainsi que les architectures de toiture les plus complexes. Grâce au bois MSR, qu'ils utilisent largement, les concepteurs peuvent réduire les coefficients de sécurité dans leurs calculs (et donc les coûts) sans augmenter les risques d'accident.

Le chiffre d'affaires annuel du secteur des fermes est de l'ordre de 450 millions de dollars, répartis sur environ 300 fabricants qui fabriquent et distribuent également des fermes à membrures parallèles. Grâce aux micro-ordinateurs, introduits il y a une dizaine d'années, les fabricants sont maintenant capables de calculer les fermes eux-mêmes à l'aide de logiciels conçus par leurs fournisseurs américains de plaques d'acier.

Selon les estimations du *Wood Truss Council of America*, les fermes de bois à plaques d'acier dominent la construction américaine unifamiliale avec 75 p.100 des toitures neuves. Au Canada, la proportion est vraisemblablement plus proche de 90 p.100. Les fermes de bois dominent également le marché des bâtiments agricoles face à une certaine concurrence de l'acier. Quant à la construction commerciale, dominée par l'acier, elle représente le potentiel de croissance le plus intéressant pour l'industrie. Compte tenu des dimensions des fermes, les frais de transport limitent les marchés accessibles. Toutefois, les fabricants canadiens vendent avec succès dans les états américains frontaliers depuis quelques années.

Les champs d'innovation dans ce domaine touchent essentiellement aux outils informatiques qui permettent de concevoir des structures de toitures de plus en plus complexes au meilleur prix, de diversifier la production du côté des éléments de planchers et de murs, et d'optimiser les frais d'exploitation.

Technologie actuelle

On calcule et on fabrique toujours les fermes pour un chantier particulier. Les techniciens chargés de la conception lisent les plans et calculent les fermes à l'aide d'un logiciel. Ils préparent les soumissions et produisent la liste de coupe pour le bois (essentiellement 2x3 et 2x4). Le tronçonnage du bois s'effectue à l'aide de scies multilames. On assemble les fermes sur de grandes tables munies de gabarits, et des presses à rouleaux permettent de fixer les plaques de connexion dans le bois. Dans les usines à grande capacité, le contrôle des scies et des gabarits est confié à l'ordinateur.

Le fabricant assure son propre contrôle de qualité, sauf en Colombie-Britannique et en Alberta où il existe des programmes de certification indépendante.

Projections technologiques

- *Définir à quels conditions il serait possible d'employer des bois aboutés dans les fermes.*
- *Appliquer la technologie du scannage et du classement automatique à l'optimisation des bois destinés à la fabrication de fermes.*
- *Élaborer des outils de calcul plus efficaces afin d'aider les fabricants de fermes à diversifier leur production.*
- *Étudier la conception de fermes offrant un volume réduit à l'expédition, et faciliter ainsi leur transport sur de plus longues distances.*

Percées technologiques

- *Concevoir des fermes à haute performance en combinant la technologie actuelle à de nouveaux concepts ou à de nouveaux matériaux tels que les polymères armés.*

7.3.6 Fermes à membrures parallèles

Les fermes triangulées à membrures parallèles (ou solives ajourées) existent, elles aussi, depuis de nombreuses années. Elles sont basées sur les mêmes principes que les poutrelles mais l'âme est constituée d'un système triangulé d'entretoises en bois ou en acier. On choisit ordinairement pour les membrures des bois secs MSR ou classés visuellement (surtout 2x3 et 2x4). La hauteur de ces fermes varie normalement de 230 mm (9 pouces) à 600 mm (24 pouces), mais on fabrique aussi des fermes plus hautes pour des applications spéciales.

Quand les entretoises constituant l'âme sont en bois (fermes de plancher en bois assemblées par plaques d'acier), les plaques d'acier qui servent à les assembler aux membrures sont du même type que celles qui servent aux fermes de toiture. L'industrie utilise aussi des entretoises en tôle d'acier (fermes de plancher à âme d'acier). Le concept des solives ajourées a connu plus d'innovations que tout autre produit d'ingénierie et les fabricants ont créé toutes sortes de variations sur le modèle original. L'une de ces variations, créée par une entreprise du Québec et commercialisée depuis 1990, fait appel à des entretoises de bois assemblées aux membrures (semelles) au moyen d'entures multiples collées. Il existe aussi une solive dont l'âme est constituée de bandes de panneaux collées aux semelles; ce produit peut, en fait, être fabriqué comme poutrelle ajourée ou comme poutrelle en I ordinaire.

Au Canada, une cinquantaine d'entreprises fabriquent des fermes à membrures parallèles et leur chiffre d'affaires est de l'ordre de 35 millions de dollars. La capacité des usines est en moyenne de 150 000 mètres (500 000 pieds linéaires) par an, mais il existe une usine dont la capacité annuelle est de 3 millions de mètres (10 millions de pieds). À titre comparatif, notons que certaines usines américaines hautement automatisées produisent de 15 à 30 millions de mètres (50 à 100 millions de pieds). Les fermes à membrures parallèles sont en fait en concurrence avec les poutrelles car elles visent les mêmes marchés. Alors que les poutrelles sont plus populaires dans l'Ouest du Canada, les fermes à membrures parallèles occupent encore 50 p.100 du marché au Québec et dans les Provinces Atlantiques. Les poutrelles, fabriquées dans des usines plus grandes et plus automatisées, bénéficient d'un avantage de coût. Les fermes, fabriquées sur commande dans des usines plus petites, s'adressent plutôt un marché local. Les entreprises qui les fabriquent produisent aussi des fermes de toiture et parfois des éléments de murs et autres systèmes basés sur le même principe.

Les innovations technologiques mentionnées en regard des fermes de toiture s'appliquent également aux fermes à membrures parallèles.

7.3.7 Autres produits d'ingénierie

7.3.7.1 Bois d'œuvre reconstitué par collage sur face et sur chant

Toujours avec l'objectif d'ajouter de la valeur aux bois provenant de tiges de faible diamètre, divers fabricants proposent aujourd'hui des produits reconstitués à partir de petites pièces collées sur chant et sur face en remplacement des sections de 2x10, 2x12 ou autres. Les essences les plus couramment utilisées à cette fin sont l'épinette et le pin dans l'Est, le sapin de Douglas et le mélèze dans l'Ouest.

Les méthodes de fabrication sont les mêmes que pour les produits d'apparence et les adhésifs doivent satisfaire aux normes qui régissent les applications structurales. Il est possible de concevoir la disposition des pièces de manière à maximiser le rendement mécanique, en plaçant par exemple les éléments les plus résistants à l'extérieur. Étant donné le mode d'assemblage, les dimensions des pièces utilisées comme composantes doivent respecter des tolérances strictes. Comme pour le lamellé-collé et la plupart des produits collés, la stabilité du produit fini exige une teneur en humidité relativement uniforme des composantes (7 à 15 p.100).

7.3.7.2 Colombages d'ingénierie

Parmi les nouveaux produits d'ingénierie, il faut aussi mentionner les colombages reconstitués. Ils visent, eux aussi, à utiliser des sections de bois plus petites et à augmenter la valeur du produit tout en facilitant la tâche de l'utilisateur. Les colombages d'ingénierie permettent en particulier de réaliser un mur de 30 mm (6 pouces) d'épaisseur (pour une meilleure isolation) avec moins de bois et sans rien sacrifier de la résistance exigée par les normes.

Plusieurs produits de ce genre sont récemment apparus sur le marché. On peut notamment citer un colombage abouté, profilé et muni d'ouvertures. Le profil donné aux pièces en facilite l'installation et les ouvertures facilitent le travail des électriciens et des plombiers sur le chantier. Il est également possible de les entailler ou de les perforer à l'usine.

7.4 Opérations de fabrication communes à la plupart des produits d'ingénierie

Les produits d'ingénierie sont par définition conçus pour assurer un rendement maximum. On agence donc les pièces qui les composent de manière à ce que, par exemple, les éléments possédant la meilleure contrainte de rupture travaillent en traction et que les pièces plus faibles se retrouvent plus près de l'axe neutre. Il faut pour cela trier les bois et les classer de manière à optimiser la configuration. Pour optimiser le produit final, il est donc nécessaire d'optimiser chacune des étapes de sa fabrication.

7.4.1 Matière première – triage préliminaire

Technologie actuelle

Étant donné qu'il est rarement possible de fabriquer des produits d'ingénierie en employant toutes les essences de groupes commerciaux comme l'ÉPS, il faut d'abord séparer les essences. Comme on l'a vu au chapitre 4 sur les résineux, la technologie permettant de le faire est encore peu développée et des recherches sont nécessaires dans ce domaine. Les tolérances de séchage sont par ailleurs relativement strictes. Il serait donc souhaitable de trier aussi les bois en fonction de leur potentiel de séchage afin de faciliter l'opération de séchage et l'obtention d'une plus grande uniformité en matière de teneur en humidité (voir section 4.12).

Les fabricants de produits d'ingénierie veulent diversifier leurs approvisionnements et ils s'intéressent à des essences comme le mélèze, le tremble ou les peupliers de plantation, qui pourraient servir leurs besoins. Pour chacune de ces essences, il faut donc produire l'information technique nécessaire et mettre à jour les données plus anciennes car les propriétés de la matière première ont souvent changé. De plus, certaines caractéristiques considérées aujourd'hui comme critiques (l'aptitude au collage, par exemple) ne faisaient pas partie des évaluations passées.

Projections technologiques

- *Établir et publier les propriétés mécaniques et les caractéristiques d'usinage de toutes les essences canadiennes présentant un intérêt commercial, dans le but de fournir aux fabricants de produits à valeur ajoutée, y compris les bois d'ingénierie, les données techniques qui leur sont nécessaires.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre une technologie nouvelle ou améliorée pour reconnaître un grand nombre d'essences de bois à l'état vert ou sec, et pour les séparer.*
- *Élaborer et appliquer des critères de potentiel de séchage afin de trier les bois avant le séchage.*

7.4.2 Séchage

Technologie actuelle

La deuxième transformation exige ordinairement qu'on respecte certains critères d'humidité. Dans les pièces destinées à la refente ou au dédoublage, par exemple, la présence de gradients d'humidité excessifs entraîne une déformation des pièces qui risque de les rendre inutilisables. Si elles doivent être collées, le rendement des adhésifs est généralement lié à une gamme de teneurs en humidité (ex. : 7 à 15 p.100) souvent plus étroite que les tolérances applicables au bois d'œuvre ordinaire. Les conséquences d'une humidité trop élevée risquent aussi d'être plus sérieuses que pour le bois d'œuvre, comme ce serait le cas, par exemple, avec un joint placé en traction dans une poutrelle. Il est également préférable que les pièces assemblées à l'aide d'un adhésif aient à peu près la même teneur en humidité si l'on veut éviter la formation de contraintes et la déformation du produit fini; ceci est particulièrement vrai pour les bois aboutés. Pour cet ensemble de raisons, les recommandations des sections 4.12 (Triage du bois vert) et 4.14 (Séchage) s'appliquent également ici.

Lorsque le bois utilisé dans les produits d'ingénierie a été séché en scierie, il ne suffit pas de mesurer la teneur moyenne en humidité et ses variations. Les gradients d'humidité peuvent être sources de problèmes et ils doivent respecter des critères stricts. Il est possible d'inclure dans le programme de séchage une phase d'équilibrage, bien que les fournisseurs du secteur primaire ne le font que sur demande expresse. Il existe même des doutes sur la qualité des bois provenant de séchoirs à haute température car personne ne sait dans quelle mesure la chaleur affecte le rendement mécanique d'éléments soumis à de fortes contraintes comme les semelles de poutrelles.

Les fabricants qui sèchent eux-mêmes leurs bois ont évidemment de meilleures chances d'obtenir des caractéristiques adaptées à leur produit et à leur procédé de fabrication, en autant qu'ils sont conscients de l'importance d'un séchage de qualité. Qu'ils effectuent leur propre séchage ou qu'ils préfèrent un séchage de finition pour améliorer les propriétés de ce qu'ils reçoivent de la scierie, ils seraient sans doute bien avisés d'évaluer des techniques différentes de séchage, telles la déshumidification ou le séchage sous vide à radiofréquence (RFV) ou avec vapeur surchauffée (V/VS).

Grâce aux techniques de séchage RFV et V/VS, les fabricants de bois d'ingénierie seront peut-être en mesure de sécher économiquement des essences telles que la pruche de l'ouest, le sapin subalpin et le sapin baumier, ou encore le tremble et le peuplier, conformément à leurs normes.

Certains fabricants sont toujours en quête de solutions aux problèmes posés par la manutention et le séchage de petites pièces (150 mm [6 pouces] de longueur ou même moins).

Projections technologiques

- *Donner aux fabricants de produits d'ingénierie des corrélations entre les différents types d'humidimètre afin que les opérateurs aient accès à des mesures précises et fiables.*
- *Établir des critères de séchage pour les fabricants de produits d'ingénierie et leurs fournisseurs.*
- *Analyser les effets du séchage à haute température sur les propriétés mécaniques des bois de résineux à usage structural, et présenter des recommandations.*
- *Élaborer et mettre en œuvre de nouvelles techniques de séchage à l'intention des fabricants de produits d'ingénierie.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une technique permettant la manutention et le séchage de pièces de bois courtes.*
- *Élaborer des outils pour aider les opérateurs de séchoir à atteindre les critères de séchage de l'industrie.*

7.4.3 Classement et préparation du bois

Technologie actuelle

Comme on l'a vu plus haut, la fabrication de produits d'ingénierie suppose ordinairement que l'on organise les pièces de bois de façon à exploiter au maximum leur potentiel sur la base des principes d'ingénierie. Il est donc indispensable de connaître précisément les propriétés mécaniques de chacune des pièces. Selon les circonstances, il faut aussi connaître leurs propriétés chimiques et physiques (pour le collage, etc.), leurs caractéristiques géométriques (dimensions exactes, manques, flaches, etc.) ou encore les défauts naturels qu'elles renferment (nœuds, carie, fentes, gerces, etc.). Dans certains cas, cette information servira à classer les pièces, qui seront utilisées telles quelles. Dans d'autres, les pièces seront purgées, c'est-à-dire qu'on éliminera les défauts pour reconstituer le bon bois par aboutage ou autrement.

L'opération de classement demande naturellement des spécifications précises et optimisées pour les pièces entrant dans la fabrication d'un produit donné. Comme on l'a vu précédemment, elle demande aussi une mesure précise de la teneur en humidité.

Il existe divers types de machines et d'appareils permettant d'évaluer la rigidité du bois (Metrigard, E-computer, etc.). Ces machines donnent des résultats fiables mais elles ne peuvent traiter toutes les longueurs de bois. Par ailleurs, elles n'évaluent que la rigidité en flexion, les autres propriétés mécaniques étant dérivées à l'aide d'algorithmes, ce qui ne permet pas de les optimiser. Diverses études sont en cours sur des techniques vibratoires susceptibles de mesurer les valeurs réelles du module d'élasticité, de la rigidité au cisaillement et de la rigidité axiale. Il faudrait concevoir d'autres méthodes, y compris une méthode de classement pour les pièces courtes, afin d'optimiser la configuration des produits d'ingénierie.

S'il existe des techniques pour mesurer avec précision les dimensions du bois et les défauts de nature géométrique tels que la flache, les manques et les fibres arrachées (voir section 4.16, Classement et éboutage), il reste à les adapter à la fabrication de produits d'ingénierie. La détection de la carie et autres défauts dits naturels repose encore sur un examen visuel et l'opérateur peut difficilement garantir des décisions constantes aux cadences de production élevées, surtout si les divers produits ont des spécifications différentes. On utilise déjà des

scanneurs pour détecter les nœuds et autres défauts importants pour la purge des bois dans les ateliers d'aboutage.

Dans certains procédés de fabrication, les pièces doivent avoir des dimensions très précises (ex. : lamellé-collé, bois reconstitués par collage sur chant et sur face). Il peut aussi être nécessaire de connaître avec précision les dimensions pour mesurer les propriétés de la pièce (classement MSR). Dans le cas de l'aboutage, les extrémités des pièces doivent être coupées exactement à 90° avant l'usinage des entures et la géométrie des entures doit être parfaite. Si les spécifications ne sont pas respectées, un joint défectueux qui échapperait au contrôle de la qualité risquerait d'avoir des conséquences graves. Il sera question de contrôle de la qualité et des procédés à la section 7.4.6.

Projections technologiques

- *Poursuivre le développement de la technique vibratoire en mode « libre-libre » pour déterminer en continu le module d'élasticité réel et la rigidité réelle au cisaillement.*
- *Mettre au point la technique de vibration longitudinale afin d'évaluer en continu la rigidité axiale.*
- *Concevoir d'autres méthodes non destructives pour évaluer les propriétés mécaniques essentielles des bois d'ingénierie.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode pratique d'essai pour évaluer les propriétés mécaniques des pièces courtes (éboutures, etc.) afin de pouvoir les trier avant la fabrication de bois d'ingénierie.*
- *Poursuivre la mise au point des techniques de scannage utilisées dans le sciage et leur adaptation aux méthodes de travail particulières aux diverses formes de produits d'ingénierie.*

7.4.4 Systèmes de manutention

Technologie actuelle

Dans certains cas, les fabricants de produits d'ingénierie doivent manutentionner de grandes quantités de pièces relativement petites, ou des lots de pièces de longueurs variées. Ces manutentions sont effectuées à la main et il est parfois difficile pour les opérateurs de suivre la cadence des machines, ce qui entraîne des pertes de productivité et des problèmes de fatigue.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre des systèmes de manutention pour les petites pièces. Il devrait être possible d'adapter des techniques provenant d'autres industries (meubles, automobiles, biens de consommation, etc.)*

7.4.5 Adhésifs et collage

Technologie actuelle

La performance des produits d'ingénierie dépend souvent d'assemblages collés. Au Canada, les normes qui régissent le collage des matériaux à usage structural permettent seulement deux types d'adhésif : la résorcine-formol (RF) et le phénol-formol (PF), ou des combinaisons des deux (PRF). Ces deux adhésifs sont résistants à l'eau et leur rendement pratique est depuis longtemps établi. La résorcine fige en quelques heures à la température ambiante et elle est surtout utilisée dans la fabrication du lamellé-collé. Les adhésifs phénoliques se polymérisent en quelques minutes mais il faut leur apporter de la chaleur par l'intermédiaire d'un four, d'une presse ou d'une autre forme d'énergie, comme la radiofréquence.

Même si ces adhésifs sont tenus de respecter des normes précises, leurs caractéristiques sont très variables et les essais ont toujours lieu sur le même médium de référence. Étant donné les nombreuses variations qui caractérisent la chimie et la structure du bois, il semble qu'une optimisation de l'adhésif en fonction de l'essence devrait produire des résultats intéressants en ce qui a trait au temps de prise, à la facilité d'application et à la résistance du joint à court et à long termes. La tolérance de variations dans la teneur en humidité est l'un des facteurs à envisager. Dans certains cas, il peut être plus avantageux d'employer un adhésif plus tolérant que de respecter des critères très étroits d'humidité. Il faut aussi songer que, dans certains produits composites comme les poutrelles, on colle le bois massif à du contreplaqué ou de l'OSB; ailleurs, on le colle à du métal ou des plastiques.

Le seul autre adhésif permis par les normes canadiennes pour les applications structurales est l'acétate de polyvinyle (colle APV), et seulement pour des colombages en position verticale. Même si la prudence de l'industrie en matière d'adhésifs structuraux est fondée sur de bonnes raisons historiques, il n'en demeure pas moins que les concurrents américains et autres ont accès à un choix beaucoup plus varié (mélamine, mélamine-urée, etc.). De plus, les laboratoires ont commencé à produire des formulations telles que les polyuréthannes, lesquelles semblent très intéressantes. Des travaux sont en cours sur l'élaboration de méthodes d'essai et de critères qui devraient conduire à un choix plus riche de systèmes adhésifs novateurs, y compris certains systèmes à deux composantes (ex. : résine à base de protéine de soja et de PRF ou formulation à base d'ammoniaque et de PRF destinée à l'aboutage en vert). Les possibilités sont sans limite, mais les progrès en ce domaine doivent être encadrés par des critères précis.

On applique les adhésifs avec une encolleuse à rideau, des buses de pulvérisation ou des rouleaux de transfert. Quel que soit le mode d'application, il est difficile de mesurer la quantité de l'adhésif appliquée.

La popularité croissante des bois traités aux borates pour la protection contre les termites pourrait constituer une opportunité pour les fabricants de produits d'ingénierie visant le sud des États-Unis, le Japon ou autres marchés menacés par les termites. Il y aurait donc lieu de formuler des adhésifs pour l'assemblage de bois traités, que ce soit aux borates ou à l'aide de produits de préservation plus traditionnels. Comme pour les autres adhésifs, il faudra évaluer avec le plus grand soin la performance à long terme.

Un système adhésif idéal donnerait une prise rapide à la température ambiante (avec un temps d'utilisation raisonnable). Pratiquement parlant, toutefois, une source d'énergie restera sans doute nécessaire et les études devraient se poursuivre sur de nouveaux types d'assemblage collé.

Projections technologiques

- *Optimiser les adhésifs à base de résorcine et de phénol en fonction des caractéristiques d'essence, des variations d'humidité, etc.*
- *Élaborer et mettre en œuvre un moyen de mesurer et de contrôler le dosage de l'adhésif dans l'aboutage et autres procédés de fabrication des produits d'ingénierie collés.*
- *Élaborer des méthodes d'essai et des critères pour l'évaluation de systèmes adhésifs structuraux de caractère novateur.*
- *Formuler des systèmes adhésifs à deux étapes capables d'atteindre immédiatement une résistance suffisante pour permettre la manutention, et de terminer leur prise à plus long terme.*
- *Formuler des systèmes adhésifs à prise rapide mais dotés d'une durée d'utilisation prolongée.*
- *Élaborer un protocole expérimental pour évaluer le rendement à long terme des adhésifs structuraux et leur interaction avec les traitements de préservation et d'ignifugation.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une nouvelle technique de polymérisation des adhésifs basée sur des formes d'énergie telles que les micro-ondes, l'ultraviolet ou l'infrarouge.*

7.4.6 Contrôle de la qualité et des procédés

Comme on l'a déjà souligné, il entre dans la nature des produits d'ingénierie d'exiger un contrôle de la qualité et du procédé à chacune des étapes de leur fabrication, du moins si le fabricant a à cœur d'optimiser la performance de son produit par rapport aux intrants. Le contrôle des procédés peut devoir porter sur toute une gamme de facteurs tels que l'essence, la teneur en humidité (moyenne et variations), les dimensions, les défauts géométriques et naturels, la rigidité et autres propriétés mécaniques, l'état de surface, la température du bois, l'orientation du fil du bois, les caractéristiques de l'adhésif, le taux d'application de l'adhésif, le positionnement de la pièce et les conditions de pressage (température, pression et temps). Une fois l'opération de collage terminée, il faut évaluer la qualité du joint et la qualité d'ensemble du produit. Les produits assemblés à l'aide de plaques nécessitent le même genre de contrôle.

Actuellement, c'est dans une bonne mesure à la main que l'on effectue ces contrôles, les opérateurs prélevant des échantillons à intervalles plus ou moins réguliers sur la chaîne de fabrication afin de vérifier la qualité des produits. L'échantillonnage n'est jamais statistiquement représentatif et les résultats ne sont ordinairement pas connus avant plusieurs heures, si bien que les vices de fabrication peuvent s'avérer très coûteux. Les solutions à ce problème et à une fiabilité plus grande des produits passent par une gamme de techniques non destructives et des systèmes de vision informatisés. Beaucoup de ces systèmes sont encore en cours de réalisation et ils risquent d'être trop dispendieux pour les petites entreprises.

La popularité grandissante des normes ISO 9000 et 14000 dans l'industrie en général pourrait amener les fabricants de produits d'ingénierie à les adopter. L'enregistrement représente un important investissement mais l'expérience montre que, dans la mesure où on le traite comme une occasion d'optimiser les méthodes de travail, il est possible de récupérer très rapidement par le biais de réductions des frais d'exploitation et d'une amélioration de la qualité des produits ou de la crédibilité des services.

Pour plus de détails, voir section 4.18, Contrôle général de la qualité et des procédés.

Projections technologiques

- *Concevoir un dispositif de scannage et d'analyse graphique en continu ou toute autre forme de technologie pour contrôler la géométrie et les caractéristiques naturelles des pièces avant leur assemblage.*
- *Élaborer et mettre en œuvre un système non destructif de contrôle de la qualité en continu afin d'assurer une qualité totale et d'éliminer les essais manuels.*
- *Élaborer et mettre en œuvre des méthodes d'essai pour évaluer les caractéristiques de fluage et de durée de charge des produits d'ingénierie.*
- *Concevoir des protocoles et des outils de contrôle de la qualité facilement utilisables par l'industrie pour améliorer la fiabilité et la crédibilité de ses produits.*

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre un système centralisé et intégré de commande des procédés incorporant l'information en provenance des diverses opérations, ainsi que les paramètres financiers et commerciaux, pour automatiser la mise au point des machines et optimiser la production en temps réel. Donner ainsi aux opérateurs les outils et l'information leur permettant de réaliser des scénarios et d'optimiser leurs décisions.*
- *Créer des systèmes experts et des outils d'aide aux décisions capables d'intégrer l'information recueillie par les instruments de contrôle de la qualité de manière à aider les opérateurs à dépister les problèmes, et à guider la mise au point des machines et les décisions de production.*

7.4.7 Homologation des produits et accès aux marchés

Technologie actuelle

De nombreux produits d'ingénierie, et particulièrement les plus récents, ne sont pas encore reconnus par les codes nord-américains du bâtiment. Pour être acceptés sur les marchés, ils doivent normalement être soumis à une évaluation et à un processus permanent de certification par un organisme indépendant et dûment accrédité. L'introduction au Canada et ailleurs de codes fondés sur la performance (ou sur des objectifs de rendement) devrait faciliter l'accès aux marchés pour les produits d'ingénierie. Il reviendra cependant toujours aux fabricants de prouver la performance de leurs produits. Or, l'expérience montre qu'il peut être fort coûteux d'établir cette performance, surtout si le produit en question n'entre pas dans une catégorie reconnue. La situation se complique encore lorsqu'on veut faire accepter un produit dans un pays étranger.

Projections technologiques

- *Élaborer des méthodes permettant d'établir le rendement de produits d'ingénierie existants ou nouveaux dans le cadre des codes fondés sur le rendement (ou des objectifs) au Canada, aux États-Unis et dans les autres pays d'exportation.*
- *Élaborer et faire approuver des mécanismes reliant le contrôle en continu des procédés et le processus de certification indépendante.*

7.4.8 Design

Technologie actuelle

Les produits d'ingénierie actuels ont été conçus par des gens très divers; certains avaient une formation en génie, d'autres pas. Bien que la formation en génie ne garantit pas un talent pour l'innovation, elle aide parfois à éviter certains écueils en matière de design. Même s'ils ne visent qu'à remplacer les 2x10 ou les 2x12 traditionnels, les bois d'ingénierie doivent satisfaire à certains critères de rendement (voir ci-dessus). Il faut prévoir des instructions pour la manutention et la pose, ainsi que des valeurs de calcul pour les ingénieurs. Et il faudra peut-être définir des limites au champ d'utilisation. Cela fait partie bien sûr du processus d'évaluation et d'homologation, mais il vaut toujours mieux y songer dès le début, alors que le concept du produit n'est pas encore définitivement fixé.

La plupart du temps, il est impossible d'évaluer le rendement pratique de matériaux de construction en service indépendamment du système dont ils font partie. C'est évidemment le cas pour la résistance au feu, la durabilité, la fonctionnalité, l'insonorisation ou même la rentabilité à l'usage, si bien qu'il serait logique d'intégrer totalement la conception des composantes à celle des systèmes de construction. Les codes fondés sur le rendement offrent une occasion unique d'introduire des produits d'ingénierie novateurs dans le cadre de solutions de construction novatrices.

Pour comprendre les besoins des concepteurs et des spécificateurs, répondre aux besoins des organismes de certification et implanter les techniques modernes de contrôle de la qualité et des procédés, les fabricants de produits d'ingénierie doivent avoir à leur disposition un gamme d'outils et de systèmes experts. C'est particulièrement vrai pour les PME, précisément typiques de ce secteur de l'industrie, chez qui les ressources en génie structural, sciences du bois, sciences informatiques et génie industriel risquent d'être limitées.

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre la technologie et les outils pratiques voulus pour guider les fabricants de produits d'ingénierie dans la conception de leurs produit et systèmes.*

Percées technologiques

- *Proposer une nouvelle initiative de recherche visant à créer les conditions nécessaires au design de matériaux et de systèmes d'ingénierie répondant aux besoins du marché, et conçus pour intégrer tous les paramètres systémiques qui affectent le rendement du bâtiment, y compris l'impact sur l'environnement, la sécurité incendie, la durabilité, la fonctionnalité, la facilité de mise en œuvre, les coûts de construction, les frais d'entretien, etc.*

CONCLUSIONS POUR LES PRODUITS D'INGÉNIERIE

Les produits d'ingénierie constituent un secteur très actif de l'industrie canadienne du bois. Les affaires se développent rapidement depuis une dizaine d'années, créant des emplois et des revenus d'exportation. Bien que ce succès soit en partie le fruit d'une situation créée par les quota imposés aux bois d'œuvre canadiens par les États-Unis, il y a tout lieu de croire que la croissance va se poursuivre. Pour les produits à valeur ajoutée que sont les bois d'ingénierie, le succès économique exige une adaptation continuelle aux exigences des marchés par le biais d'innovations au plan du design ainsi qu'un marketing vigoureux. Il repose aussi sur l'innovation technologique qui permet de réduire les coûts tout en diversifiant les sources de matière première et en améliorant les caractéristiques des produits. L'industrie aura donc besoin d'une connaissance dynamique des facteurs commerciaux et d'une technologie assurant un contrôle plus poussé de la qualité et des procédés de fabrication.

Pour poursuivre son développement, l'industrie des produits d'ingénierie doit pouvoir compter sur des compétences techniques, économiques et commerciales qui ne sont pas toujours à la disposition des PME. Il faudra donc trouver des moyens de leur donner accès à ce type de ressources.

Les produits d'ingénierie devraient être conçus et optimisés dans le contexte de systèmes de construction intégrés. Le rapport recommande dans cette perspective de mettre sur pied une importante initiative de R&D visant à créer les conditions requises pour le développement d'une stratégie de design de matériaux et de systèmes de construction axée sur les caractéristiques des marchés cibles.

8 Bois d'apparence – Technologie actuelle et potentielle

8.1 Introduction et aperçu de l'industrie

Le terme « bois d'apparence » peut désigner un grand nombre de produits finis en bois de résineux ou de feuillu. Il désigne en particulier les bois traités à usage extérieur, bardages, éléments décoratifs, moulures, composantes de portes et de fenêtres, revêtements de plancher et composantes de meuble. Ces produits bien différents se distinguent aussi par les machines, les méthodes et les types d'usine employés pour les fabriquer.

Au cours des 20 dernières années, l'industrie de la transformation secondaire du bois a connu d'importants changements. Les cadences de production ont augmenté, le temps de mise au route des machines a diminué, les séries de production sont plus courtes, les spécifications de produit se sont multipliées et les procédures de contrôle du genre ISO 9000 ont fait leur apparition.

La fabrication de produits d'apparence exige généralement des bois de haute qualité, lesquels sont naturellement plus coûteux et moins abondants que les qualités inférieures. On utilise maintenant des systèmes de vision pour détecter la présence de défauts dans le bois, combinés à des dispositifs optimisés de tronçonnage et de délignage qui permettent d'augmenter le rendement matière. On utilise également des outils perfectionnés, comme des lames de scie extra-minces dont la voie ne dépasse pas un millimètre (0,039 pouce).

Les entreprises spécialisées dans certains aspects de la fabrication de composantes se font de plus en plus nombreuses. Elles sont en mesure de produire à un meilleur coût que les « généralistes » grâce aux techniques et aux méthodes optimisées auxquelles elles ont recours.

Les machines à commande numérique font partie de l'équipement standard des usines modernes de deuxième transformation. La programmation de ces machines est devenue plus conviviale et rapide. Les plans de pièces conçus avec l'aide d'ordinateurs (CAD) sont transférables directement aux centres d'usinage qui exécutent les tâches. Les robots servent principalement à la finition des pièces mais on les utilise aussi pour charger les éléments plats (panneaux) dans les machines et pour les décharger.

La pratique actuelle qui consiste à amener les pièces de bois à un centre d'usinage où sont effectuées de multiples opérations pourrait, dans un proche avenir, céder le pas à une autre méthode selon laquelle les pièces voyagent d'une machine à une autre grâce à un convoyeur à ventouses, et où chaque machine s'approche de la pièce pour y effectuer une ou plusieurs opérations. Ce genre de système est déjà en usage dans d'autres industries (l'automobile, par exemple), mais son application à la transformation du bois exigera un gros effort sur la standardisation des interfaces et de la programmation.

En ce qui concerne la finition, il existe une forte tendance à l'utilisation de produits à haut extrait sec durcissables à l'ultraviolet (UV) pour la finition des composantes planes car ces peintures ou vernis émettent moins de composés organiques volatils (COV) et ils sèchent presque instantanément. Pour les composantes en trois dimensions, comme les meubles de rangement ou les chaises, on s'oriente plutôt vers des systèmes de pulvérisation à forte capacité de transfert, et l'eau remplace les solvants organiques.

L'introduction d'équipement de plus en plus avancé à tous les niveaux de la production amène les opérateurs à devenir des contrôleurs de machines. La formation continue du personnel sera donc un facteur essentiel pour une utilisation convenable et efficace de la nouvelle technologie.

8.2 Facteurs critiques

Les produits d'apparence sont nettement déterminés par le marché. La croissance de l'industrie dépendra donc de sa capacité à obtenir une ***information dynamique sur les marchés mondiaux*** et à conserver une ***souplesse de fabrication*** suffisante pour répondre à une demande très changeante.

Les essences nobles traditionnelles comme ***l'érable à sucre, le bouleau jaune et le chêne se font de plus en plus rares*** au Canada. S'il reste encore des progrès à réaliser pour optimiser l'attribution des billes aux applications les plus avantageuses, le potentiel de croissance le plus évident dans le domaine des feuillus se trouve du côté des ***essences de remplacement***. Le bouleau blanc est sans aucun doute l'essence la plus prometteuse puisqu'on la trouve en grandes quantités de Terre-Neuve à la Colombie-Britannique, et sur une base durable. An plan régional, il existe aussi un potentiel important pour l'aulne rouge en Colombie-Britannique, le tremble en Alberta, et l'érable rouge (ou plaine) en Ontario, au Québec et dans les provinces atlantiques.

Le sciage des résineux produits des bois de différentes qualités. Les meilleures qualités servent normalement à la fabrication de meubles, les qualités moyennes aux planchers, et les qualités inférieures à l'industrie des palettes et de l'emballage. La croissance dans le secteur des produits d'apparence dépend largement des marchés possibles pour l'ensemble des qualités de bois produites, y compris les moins bonnes. Ainsi, si le marché des palettes n'est pas aussi actif que celui du meuble, l'industrie fait face à une surproduction de bois de basse qualité et certaines entreprises peuvent se trouver en difficulté. Il semble donc que l'un des facteurs critiques pour ce secteur soit sa capacité à ***créer de nouveaux produits à partir des qualités inférieures de bois franc***, soit par la technologie, soit par le marketing et le design.

Les composantes de menuiserie, y compris les portes et les fenêtres, utilisent ordinairement du pin, du sapin de Douglas et de la pruche de l'ouest sans nœud. Ces dernières années, le pin ponderosa a perdu une bonne partie de ce marché au profit du pin blanc de l'est, des pins jaunes du sud et, dans une moindre mesure, du pin de Murray. On assiste même depuis quelque temps à ***l'apparition de pin de plantation*** en provenance de l'hémisphère sud. L'une des solutions possibles pour répondre à la concurrence de ces pins de plantation consiste à se tourner vers les essences disponibles telles que le tremble et le bouleau blanc. Dans l'industrie des moulures, le tremble a déjà gagné beaucoup de terrain et le bouleau blanc commence à susciter un grand intérêt. La concurrence ne se limite d'ailleurs pas à des bois importés. Elle prend aussi la forme de ***moulures en MDF***, qui se sont imposées sur le marché ces dernières années, et, jusqu'à un certain point, de ***plastiques et de composites bois-plastiques***.

Dans les applications extérieures, la ***durabilité*** continuera à jouer un rôle critique dans le succès commercial des produits de bois. La création de produits garantis sans entretien donnerait donc à l'industrie une bonne occasion de se mesurer aux plastiques et aux métaux.

Les produits d'apparence présentent un avantage du point de vue de ***l'impact sur l'environnement*** au sens où les opérations de fabrication peuvent s'effectuer à la source ou presque, ce qui élimine les problèmes de résidus pour le client. Il est aussi plus facile d'utiliser les sous-produits à la source qu'en aval. Voilà d'ailleurs une des raisons pour lesquelles, par exemple, un nombre croissant de fabricants de meubles achètent maintenant des composantes semi-finies plutôt que de les fabriquer eux mêmes comme ils l'ont toujours fait. Il est clair que ***la sous-traitance*** exerce une influence sur ce secteur de l'industrie, de même que ***le développement des grands distributeurs*** comme Home Depot ou Loew's. ***Le commerce électronique*** devrait du reste favoriser cette tendance.

Dans ce contexte, un des facteurs critiques pour le secteur de la valeur ajoutée sera la ***technologie des scanneurs et de l'analyse des données*** appliquée à l'optimisation du rendement. La capacité de détection des scanneurs en rapport avec toutes sortes de défauts et

de variations de teinte jouera un rôle crucial, comme du reste les techniques permettant l'utilisation de nouvelles essences à des applications traditionnelles et nouvelles. Les progrès de l'industrie dépendront également du succès avec lequel elle saura ***mettre l'informatique au service du contrôle de la qualité et des procédés***, améliorant ainsi son rendement matière tout en perfectionnement le design et en diminuant les coûts.

Les entreprises canadiennes du secteur des bois d'apparence étant relativement petites, un de leurs problèmes est la difficulté qu'elles éprouvent à adopter des techniques de production avancées dans ***les limites de leurs ressources financières***. Parallèlement, l'adoption d'une technologie de pointe au service des objectifs économiques de l'industrie exige un certain nombre de compétences (design, technique, économique, marketing, etc.) qui ne sont pas nécessairement toutes disponibles dans une PME. Il faudra donc prévoir une formation pour les cadres et le personnel de fabrication, en plus de leur fournir ***des systèmes experts***, ***des outils d'aide aux décisions*** et un ***accès à des consultants spécialisés et à des ressources de R&D***.

8.3 Opérations communes à la plupart des bois d'apparence

On retrouve dans la majorité des usines fabricant des produits d'apparence les opérations décrites dans cette section mais l'équipement utilisé varie d'une usine à l'autre en fonction de sa capacité et du type de produit. Il faut noter que la production de bois d'apparence est très individualisée et que les descriptions peuvent ne pas correspondre à la réalité dans toutes les usines.

8.3.1 Choix et préparation de la matière première

Technologie actuelle

La fabrication de produits d'apparence exige une matière première de haute qualité. On peut se procurer des sciages de feuillus à l'état vert ou sec, en largeurs et longueurs assorties et en diverses catégories de qualité. La teneur en humidité des sciages de feuillus est en général de l'ordre de 6 à 8 p.100. Quant aux résineux, on les trouve plus couramment dans les dimensions standards, à l'état vert, sec à l'air ou séché au séchoir. Les résineux se vendent le plus souvent en essences groupées : épinette-pin-sapin (ÉPS), pruche-sapin, sapin de Douglas-sapin. Même si les scieries séparent fréquemment les essences pour des raisons de fabrication, elles vendent rarement des essences pures. Quand elles le font, elles exigent généralement un supplément. Les résineux traditionnellement utilisés dans le meuble, comme le pin blanc, sont offerts en épaisseurs multiples de un quart de pouce (4/4, 5/4, etc.) comme les feuillus, mais les largeurs ne sont pas assorties.

Dans toutes les régions, les industriels des bois d'apparence recherchent des essences de remplacement. Des études sont en cours dans plusieurs provinces sur les propriétés de toutes les essences ligneuses du Canada et sur les variantes de deuxième pousse d'essences connues (pruche, etc.).

Projections technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre des méthodes plus efficaces de triage des essences.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode économique de refente adaptées aux pièces courtes.*

8.3.2 Séchage

Les bois destinés à la deuxième transformation doivent normalement respecter certains critères de teneur en humidité (moyenne et répartition). Dans les pièces destinées à la refente ou au dédoublage par exemple, la présence de gradients d'humidité excessifs entraîne une déformation des pièces qui risque de les rendre inutilisables. Si elles doivent être collées, le rendement des adhésifs est généralement lié à une gamme de teneurs en humidité (ex. : 7 à 15 p.100) souvent plus étroite que les tolérances applicables au bois d'œuvre ordinaire. Il est également préférable que les pièces assemblées à l'aide d'un adhésif aient à peu près la même teneur en humidité si on veut éviter la formation de contraintes et la déformation du produit fini; ceci est particulièrement vrai pour les bois aboutés. Il est donc important de trier les bois avant le séchage et de gérer l'opération de séchage en fonction des produits à valeur ajoutée que l'on cherche à produire.

Lorsque le bois utilisé dans les produits d'apparence a été séché en scierie, il ne suffit pas de mesurer la teneur moyenne en humidité et ses variations. Les gradients d'humidité peuvent être sources de problèmes et ils doivent respecter des critères stricts. Il est possible d'inclure dans le programme de séchage une phase d'équilibrage, bien que les fournisseurs du secteur primaire ne le font que sur demande expresse.

Les fabricants qui sèchent eux-mêmes leurs bois ont évidemment de meilleures chances d'obtenir des caractéristiques adaptées à leur produit et à leur procédé de fabrication. Qu'ils effectuent leur propre séchage ou qu'ils préfèrent un séchage de finition pour améliorer les propriétés de ce qu'ils reçoivent de la scierie, ils seraient sans doute bien avisés d'évaluer des techniques différentes de séchage, comme la déshumidification ou le séchage sous vide à radiofréquence (RFV) ou avec vapeur surchauffée (V/VS).

Pour des renseignements plus détaillés sur les techniques de séchage, consulter les sections 4.14 sur le séchage des résineux, 5.8 sur le séchage des feuillus, et 7.4.2 sur le séchage des bois destinés aux produits d'ingénierie.

Projections technologiques

- *Établir des procédures d'étalonnage ou des corrélations entre les humidimètres en continu et les divers modèles d'appareils portatifs afin que toutes les mesures d'une même usine soient comparables et utilisables dans une base de données commune.*
- *Établir des spécifications de séchage pour les produits d'apparence.*
- *Établir une méthode d'évaluation technique et économique pour le séchage des bois d'apparence à l'aide des nouvelles techniques proposées.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une technique permettant la manutention et le séchage de pièces de bois courtes.*

8.3.3 Dégauchissage

Technologie actuelle

À leur arrivée dans l'usine de deuxième transformation, les pièces de bois franc sèches ont une épaisseur qui peut varier de 1,5 à 3 mm (1/16 à 1/8 de pouce). On dégauchit alors les deux faces pour amener les pièces à une épaisseur uniforme, ce qui donne des surfaces nettes et permet d'évaluer visuellement les défauts superficiels en vue des opérations suivantes de tronçonnage et de refente. L'opération de dégauchissage s'effectue soit avec une raboteuse, soit avec une ponceuse de calibrage. Les porte-outils supérieur et inférieur de la raboteuse peuvent être opposés ou décalés. On emploie de plus en plus souvent des couteaux à profil hélicoïdal pour réduire le bruit Ces couteaux exercent également un effort de cisaillement qui diminue la puissance nécessaire à la machine. Les ponceuses de calibrage sont équipées de bandes abrasives grossières, conçues pour enlever du bois. Elles consomment beaucoup plus d'énergie

que les raboteuses. Quel que soit le type de machine, le travail s'effectue à la fois sur les deux faces de la pièce pour donner des surfaces nettes.

Les variations d'épaisseur constituent l'un des problèmes de l'industrie. S'il était possible de se procurer des bois (résineux ou feuillus) offrant des tolérances plus strictes, l'opération de dégauchissage pourrait être éliminée.

Projections technologiques

- *Adapter des méthodes de contrôle de qualité en continu pour mesurer la teneur en humidité et l'épaisseur des planches et déterminer si elles respectent les critères établis.*
- *Éliminer le dégauchissage et augmenter le rendement grâce à un sciage plus précis en scierie.*

8.3.4 Classement et optimisation de la purge

Technologie actuelle

Pour fabriquer des bois d'apparence, il est nécessaire d'éliminer les nœuds, les flaches, la carie, la moelle, les poches de résine, les trous et autres défauts. Certaines qualités de résineux autorisent cependant les nœuds sains et adhérents. Ce sont traditionnellement des classeurs qualifiés et expérimentés qui décident si les défauts ou caractéristiques d'apparence sont acceptables ou non. Toutefois, la cadence de classement et la qualité des décisions varie d'un individu à un autre. Il existe maintenant des systèmes de classement avec scanneurs pour classer les bois avec précision et détecter les défauts à grande vitesse.

On trouve souvent dans l'industrie des scanneurs capables de lire les marques de classement attribuées par un classeur et conçus pour accélérer la purge. Certains appareils distinguent les marques identifiant différents types de défauts. C'est toujours le classeur qui décide s'il accepte ou non un défaut.

Certains appareils poussent plus loin l'automatisation et détectent de petits défauts définis par le client sans intervention humaine. On compte quatre techniques différentes, chacune présentant ses avantages et ses inconvénients, qui sont souvent employées de concert:

1. Images à niveaux de gris : caméras à haute résolution pour la détection de petits défauts facilement reconnaissables à leur couleur (petits nœuds noirs, par exemple). Ces caméras détectent moins bien les faibles différences de teinte.
2. Images couleur : les caméras couleur ont une résolution inférieure à celles des caméras à niveaux de gris mais elles détectent mieux les variations de teinte.
3. Capteurs laser : mesurent le profil des pièces et les défauts dits géométriques (détection de la flache, des trous de nœud, des déformations). Grâce à la diffusion non spécifique, ils détectent aussi la pente du fil autour des nœuds et certains autres défauts.
4. Appareils à rayons X : mesurent les variations de densité internes (détection des défauts internes).

Les appareils commerciaux sont généralement modulaires et utilisent simultanément plusieurs de ces techniques. On peut scanner d'un coup une ou toutes les faces de la pièce. Les données recueillies par les scanneurs sont utilisées par les optimiseurs qui commandent les opérations de tronçonnage et de refente. Bien que les fabricants de ces appareils les perfectionnent sans cesse, ils marquent toujours un temps de retard sur les besoins de l'industrie.

Projections technologiques

- *Créer des appareils de scannage plus conviviaux et plus faciles d'entretien pour améliorer les décisions des classeurs.*

- *Élaborer ou adapter des techniques permettant d'augmenter la cadence de scannage.*

Percées technologiques

- *Combiner diverses techniques de scannage et divers logiciels de manière à optimiser économiquement l'utilisation de la matière première.*

8.3.5 Éboutage

La scie d'éboutage est conçue pour éliminer les défauts et pour couper les planches à longueur. Les scies employées dans le secteur de la deuxième transformation sont commandées soit manuellement soit automatiquement. Dans le cas d'une scie manuelle, l'opérateur décide où tronçonner pour éliminer un défaut et comment ébouter la partie sans défaut de la planche pour optimiser sa valeur en fonction d'une liste de spécifications. Les scies automatiques, en usage depuis le début des années 80, effectuent d'elles mêmes l'opération d'éboutage, permettant ainsi d'accélérer la cadence de production, de diminuer la main-d'œuvre nécessaire et d'augmenter le rendement valeur grâce à des logiciels d'optimisation. Les scies automatiques sont programmables en fonction d'un nombre limité de spécifications, chacune d'entre elles comportant plusieurs niveaux de qualité et de tolérances de purge autour des nœuds et autres défauts. L'opérateur peut ainsi déterminer, pour chacune des spécifications, quel pourcentage de la « commande » a été exécuté et quel est le rendement.

Les scanneurs de modèle plus ancien détectent et encodent les marques du classeur de manière à ce que l'optimiseur puisse choisir la meilleure solution de coupe pour la planche. Un autre logiciel commande le déplacement de la planche, permettant à la scie de purger avec précision le défaut ou d'ébouter la planche à la longueur voulue. Le convoyeur de sortie est également programmable pour l'acheminement des pièces vers l'empilage.

Projections technologiques

- *Automatiser au complet l'amenage des pièces à l'aide de systèmes à ventouses ou autres.*

Percées technologiques

- *Élaborer des outils permettant d'établir à la scie d'éboutage une base de données sur les longueurs et les qualités obtenues et appliquer l'information à une technique d'optimisation qui intègre les spécifications du produit, le rendement, les coûts de fabrication, la cadence de production et la valeur du produit.*

8.3.6 Refente

Technologie actuelle

Le but de l'opération de refente est de découper les planches en bandes de largeurs égales ou différentes en fonction des dimensions finales voulues. L'opération a lieu avant ou après l'éboutage. En refendant avant d'ébouter, on obtient des pièces plus longues mais de qualité inférieure; c'est la formule préférée pour la fabrication de panneaux par collage sur chant. C'est aussi la meilleure méthode pour la fabrication de lames de parquet (largeurs fixes), mais elle exige un plus gros volume de bois à l'éboutage. Dans la fabrication de composantes de meuble, on préfère normalement ébouter avant de refendre.

Les refendeuses courantes sont de deux types : la scie à refendre normale et la scie à refendre multilames. Il s'agit dans les deux cas de lames de scie circulaires montées sur un seul arbre. La scie à refendre ordinaire s'emploie après l'éboutage et elle donne des rives exactement perpendiculaires aux faces pour le collage sur chant (panneaux). Elle est parfois munie d'une

ligne de guidage laser qui indique à l'opérateur la position de la coupe par rapport aux défauts de la planche.

La scie à refendre multilames ressemble à la scie ordinaire mais l'arbre porte plusieurs lames. On l'utilise pour refendre le bois avant éboutage ou pour découper en planches de largeur donnée des panneaux obtenus par collage sur chant. Elle sert surtout à refendre des panneaux collés ou non. La caractéristique principale de la scie à refendre est la voie de la lame. Les fabricants de scies offrent des lames très minces qui permettent de réduire les pertes dues au trait de scie. Les gains peuvent être considérables, surtout dans la fabrication de pièces de faible largeur, mais les lames minces sont d'un entretien plus exigeant et leur résistance latérale est réduite. Dans certaines scies à refendre multilames, les lames sont fixes et le guide est mobile alors que dans d'autres modèles, les lames extérieures sont mobiles, ou toutes les lames le sont.

Projections technologiques

- *Élaborer des outils et des méthodes permettant d'affûter plus facilement les lames de scie minces.*
- *Adapter aux scies à refendre employées pour les bois d'apparence les nouveaux types de lame existants dans d'autres secteurs (pastilles de carbure sur acier doux, pastilles de céramique, outils au diamant, etc.).*
- *Automatiser les opérations d'amenage et d'évacuation des pièces.*
- *Concevoir une méthode d'optimisation en continu pour toutes les combinaisons de scies à refendre.*

8.3.7 Aboutage

Technologie actuelle

L'aboutage est surtout utilisé dans la fabrication de bois d'œuvre pour la construction ou la rénovation (colombages aboutés, etc.) et pour les éléments de menuiserie à peindre (cadres de porte, composantes de fenêtre, etc.). Dans le passé, l'aboutage ne faisait pas partie de la technologie des bois d'apparence mais avec l'augmentation du coût de la matière première, on a commencé à abouter les composantes qui ne sont pas totalement visibles ou qui sont recouvertes d'un placage ou autre fini opaque. De nos jours, on vend même des dessus de table et autres produits dans lesquels le zigzag caractéristique des joints d'aboutage est bien visible.

L'aboutage a pour but de créer des pièces de grande longueur à partir de pièces courtes. Les pièces courtes proviennent des opérations d'éboutage ou encore de bois de qualité inférieure. On distingue l'aboutage horizontal et l'aboutage vertical. Les fabricants nord-américains de machines à abouter utilisent surtout le premier type, alors que les Européens et les Japonais préfèrent le second. En Amérique du nord, on aboute plutôt les résineux.

Dans l'aboutage horizontal, les entures sont parallèles à la face large de la pièce. Dans l'aboutage vertical, elles sont parallèles aux rives, si bien que la ligne brisée du joint apparaît sur la face. La résistance des joints dépend du profil des entures et du système adhésif choisi : les entures plus longues donnent une plus grande surface de collage et donc une plus grande résistance. Pour les bois d'apparence, la longueur des entures est de 5 mm (13/64 pouce). Les adhésifs les plus couramment utilisés sont de type acétate de polyvinyle (colle PVA), mais on utilise aussi l'urée-formol, la mélamine et le polyuréthanne.

Dans les abouteuses à joint horizontal, l'amenage des pièces à abouter se fait au moyen d'un convoyeur qui les présente à la scie de rectification puis à l'outil qui forme les entures. Un transfert latéral amène ensuite les pièces à un deuxième convoyeur pour la préparation de l'autre extrémité. Le second convoyeur présente aussi les pièces à l'encollage, réalisé soit à l'aide de rouleaux profilés, soit par injection. L'encollage par rouleaux est ouvert et doit être nettoyé à la fin

de chaque quart, alors que le système à injection est fermé et seule la buse d'injection est à nettoyer.

Le pressage des joints peut être continu ou discontinu. S'il est discontinu, on accumule les pièces aboutées, puis on les introduit dans une presse horizontale qui applique la pression voulue. Lorsque le système est continu, la pression d'assemblage est assurée par deux jeux de rouleaux, les rouleaux avant tournant plus vite que les rouleaux arrière. La pression appliquée est fonction de la différence de vitesse de rotation entre les deux. Pour accélérer la prise de l'adhésif, on équipe ordinairement ce type de machine d'une génératrice de rayonnement radiofréquence. On tronçonne enfin le ruban de bois abouté aux longueurs voulues.

Dans les machines à joint vertical, les pièces sont usinées par groupes. Elles sont positionnées sur chant, alignées à une extrémité, serrées ensemble et présentées à l'outil qui profile les entures. Dans les machines de faible capacité, le système de serrage pivote de manière à présenter les autres extrémités au profilage puis à l'encollage. Par contre, les machines à grande capacité sont munies de deux systèmes de serrage qui fonctionnent simultanément pour augmenter la cadence de production; dans ce cas, l'encollage a lieu après la deuxième opération de profilage. Le pressage des joints s'effectue de la même manière que pour les joints horizontaux.

Projections technologiques

- *Élaborer une technique de commande numérique pour aligner avec précision les diverses lames de scie et outils de profilage et améliorer ainsi la qualité des joints.*
- *Élaborer des techniques d'affûtage permettant d'obtenir des entures plus précises et plus uniformes.*
- *Diminuer le temps de mise au point des machines par l'application de commandes numériques.*
- *Élaborer et mettre en œuvre une méthode permettant de mesurer et de moduler la pression appliquée aux joints.*
- *Concevoir des adhésifs à prise rapide pour les bois d'apparence ainsi qu'une méthode d'évaluation des joints quand la prise de l'adhésif est terminée.*

Percées technologiques

- *Concevoir et mettre en œuvre un système de vision informatisé pour appareiller les pièces en fonction du grain et de la teinte.*
- *Élaborer et mettre en œuvre un appareil informatisé utilisant des scanneurs pour évaluer les défauts géométriques des pièces (perpendicularité de la coupe, entures défectueuses, etc.) ainsi que le taux d'application de l'adhésif.*

8.3.8 Collage sur face et sur chant

Technologie actuelle

Pour obtenir des planches plus larges, on assemble par collage sur chant des pièces (aboutées ou non) provenant de l'opération de refente; la largeur des panneaux ainsi formés est fonction des besoins. Traditionnellement, l'opérateur appareille les bandes de largeurs différentes de manière à former un panneau dont la largeur est aussi proche que possible de la largeur désirée. Il existe aujourd'hui des optimiseurs conçus pour composer les panneaux avec des tolérances déterminées sur les dimensions. L'appareillage des bandes peut tenir compte de la teinte et du grain du bois. Les bandes composant le panneau sont placées sur chant et passent sur un rouleau encolleur avant l'assemblage et le serrage. L'opération peut être continue ou discontinue.

Le serrage des panneaux s'effectue dans un serre-joint rotatif (ou presse araignée). L'opérateur dispose les bandes composant un panneau entre les mâchoires et ferme le serre-joint. Chaque fois que le dispositif tourne d'un cran, l'opérateur retire le panneau du serre-joint suivant. Les panneaux doivent subir un conditionnement de 12 heures avant d'être usinés. Pour les panneaux de grand format, on a recours à des presses à radiofréquence qui fonctionnent en discontinu. L'assemblage des bandes a lieu sur une table d'assemblage et, une fois assemblé, le panneau passe dans une presse horizontale où la prise de la colle est accélérée par radiofréquence. Pendant le pressage d'un panneau, l'opérateur prépare le panneau suivant. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de conditionner les panneaux avant de les usiner.

Les presses en continu utilisent la radiofréquence, ou elles sont chauffées à l'huile ou à l'eau. Elles produisent alors un ruban continu de largeur fixe que l'on tronçonne aux longueurs désirées à l'aide d'une scie. Un ou plusieurs opérateurs assemblent le panneau sur un convoyeur lent et celui-ci est ensuite transféré sur le convoyeur de pressage. La longueur de la presse et la vitesse du convoyeur déterminent le temps de pressage. Une fois le ruban tronçonné aux longueurs voulues, l'usinage des panneaux peut avoir lieu immédiatement.

Étant donné que l'énergie à radiofréquence suit la voie de moindre résistance, la prise de l'adhésif ne se fait bien que si la teneur en humidité du bois est suffisamment uniforme. Des variations de plus d'une unité de pourcentage à l'intérieur d'une bande sont suffisantes pour entraîner une polymérisation inégale de l'adhésif et pour affecter considérablement la qualité du produit. Dans les machines de construction récente, les panneaux passent directement de la presse à une tenonneuse double (scies) qui les équarrit et leur donne leurs dimensions définitives. Si nécessaire, on complète le processus avec une passe dans une ponceuse de calibrage à bande large. La manutention des panneaux finis est confiée à un système à ventouses qui les achemine vers le lieu d'entreposage. Un ordinateur central commande toute l'opération.

Le collage sur face sert surtout à la fabrication des composantes de portes et de fenêtres. Comme dans le collage sur chant, on utilise des presses pour assembler les pièces en mode continu ou discontinu. Un panneau trois plis récemment mis en point en Europe se compose de deux faces constituées de bois de premier choix contrecollée sur une âme de qualité inférieure. Ce panneau sert en particulier à la fabrication de portes d'armoire de cuisine. Le toupillage n'affecte que les plis extérieurs et il n'est plus nécessaire d'encadrer la porte. Des lames de scie à voie étroite de 2mm (5/64 de pouce) ou moins assurent un rendement matière élevé.

Percées technologiques

- *Élaborer et mettre en œuvre un système de vision informatisé pour trier automatiquement et appareiller les bandes de bois en fonction de la teinte et du grain pour la formation de panneaux.*

8.3.9 Moulurage

Technologie actuelle

La moulurière est l'une des principales machines de la deuxième transformation. En effet, le profilage de pièces selon des formes particulières pour la fabrication de moulures ou de lambris est une opération très rentable au point de vue valeur ajoutée. La machine ressemble à une raboteuse de haute capacité mais on doit d'abord raboter les bois sur les quatre faces pour leur donner des dimensions uniformes. La moulurière peut usiner les quatre faces en une seule passe. En plus de surfacer le bois, elle peut réaliser des coupes plus complexes de profilage ou autre sur plusieurs faces. Le profilage utilise des couteaux spécialement préparés à l'aide d'une meule qui leur donne une forme prédéterminée. La moulurière est l'une des machines qui exigent le plus de compétences dans l'usine de deuxième transformation.

Une moulurière standard comporte quatre porte-outils disposés selon la séquence suivante : face inférieure, chant droit, chant gauche et face supérieure. Les deux premiers outils surfacent le bois en lui donnant le premier angle exact de 90° qui servira de référence aux autres outils (qui effectuent généralement le profilage). L'arête de référence ainsi formée permet à la moulurière de façonner le bois avec beaucoup plus de précision que la raboteuse. Les moulurières sont modulaires et acceptent jusqu'à huit porte-outils ou même davantage. Ce sont les machines idéales pour l'usinage de formes complexes ou de reliefs accentués, le profilage étant effectué successivement par plusieurs outils. Dans certains cas, on dispose aussi à l'arrière de la machine un porte-outils inclinable qui sert à usiner des profils spéciaux. On lui ajoute encore des scies montées sur un arbre vertical ou horizontal, et généralement munies de lames très minces, qui servent à refendre des pièces (lamelles pour parquet multicouches, bandes pour panneaux collés sur chant, etc.).

Les moulurières sont habituellement accompagnées d'une meule. Ceci permet de façonner les couteaux selon la forme voulue à partir d'acier rapide vendu à cette fin, et facilite leur entretien. Pour obtenir un haut rendement et une qualité de surface supérieure, on utilise une moulurière assortie d'un dispositif de régularisation des couteaux qui permet de placer tous les couteaux dans un sabot spécial et de les affûter selon le même arc. On obtient ainsi un fini de haute qualité à grande vitesse.

Le réglage des couteaux de la moulurière prend beaucoup de temps, surtout s'il faut régulariser les couteaux. Les modèles récents sont munis de contrôles numériques qui réduisent la mise au point à quelques minutes, du moins tant qu'il n'est pas nécessaire de changer d'outils. Enfin, les moulurières peuvent être dotées de broches porte-outil autorisant le changement automatique des outils. On trouve surtout ces moulurières chez les fabricants européens de fenêtres, qui utilisent des profils particulièrement complexes.

Projections technologiques

- *Équiper les moulurières d'arbres capables d'atteindre 9000 tours/minute, c'est-à-dire 50 p.100 plus que la normale, pour obtenir des coupes de meilleure qualité.*
- *Équiper les moulurières de commandes numériques pour aider l'opérateur à positionner manuellement les outils avec l'aide d'un écran à cristaux liquides.*
- *Mettre au point des pointes de carbure pour les outils de moulurière afin d'augmenter leur durée de vie et de maintenir leur profil.*

Percées technologiques

- *Doter les moulurières de contrôles numériques.*

8.3.10 Tenonneuse double

La tenonneuse double est, elle aussi, une machine importante qu'on utilise pour la fabrication de meubles, de fenêtres et de portes. C'est une machine à haute capacité capable de façonner des tenons ou des éléments de panneau pour le meuble. Les pièces qui la traversent sont usinées simultanément par deux postes de travail dont l'un est fixe et l'autre est mobile sur un bâti. Les convoyeurs à chaîne qui déplacent les pièces sont propulsés par le même arbre; ils ont donc exactement la même vitesse.

La tenonneuse double est modulaire et accepte un grand nombre d'outils différents. Les premiers outils que l'on monte des deux côtés sont généralement des scies de rectification qui coupent les rives des panneaux selon des lignes strictement parallèles. La distance entre les deux postes de travail de la machine détermine la longueur des pièces et elle est réglable avec une grande précision. Pour l'usinage de panneaux, on peut installer après les scies des outils de rainurage disposés à un angle donné par rapport à la pièce. Il existe aussi des dispositifs pneumatiques pour arrondir les coins et exécuter toute autre opération sur la rive du panneau. Les derniers

outils utilisés pour le travail des panneaux sont habituellement des têtes de ponçage profilées ou des toupies de chanfreinage.

Pour la fabrication de composantes de portes ou de fenêtres, on place après les scies de rectification des têtes pneumatiques ou fixes à outils multiples munies de dispositifs anti-éclat qui façonnent des rainures, des tenons ou des tenons aveugles. Il existe aussi des têtes de perçage pour les assemblages par goujons.

Les tenonneuses doubles peuvent être dotées de commandes numériques, les outils étant alors montés sur des broches empilables. Le réglage de cette machine exige un haut niveau de compétence.

Projections technologiques

- *Concevoir des outils pour faciliter les opérations de réglage des tenonneuses doubles.*

8.3.11 Toupillage

Comme la moulurière, la toupie sert à profiler les rives des pièces. Par contre, elle ne peut en usiner la surface. Contrairement à la moulurière, la toupie accepte les pièces larges, trapézoïdales ou incurvées. L'alimentation s'effectue à la main ou mécaniquement. Il est possible d'équiper la machine d'outils multiples pour scier, rainurer ou profiler les rives. Avec l'aide d'un collier spécial, l'outil peut suivre une rive de référence déjà façonnée ou un gabarit fixé à la pièce.

Il existe des toupies automatiques dans lesquelles un système de ventouses retient un ou plusieurs panneaux que l'on fait tourner contre l'outil avec l'aide d'un gabarit qui guide la coupe. L'utilisation de cette machine exige un très grand nombre de gabarits variés qu'il faut fabriquer et conserver.

Avec l'apparition des centres d'usinage à commande numérique, les toupies automatiques perdent du terrain et elles seront bientôt limitées aux petits ateliers.

8.3.12 Défonceuses et centres d'usinage à commande numérique

Technologie actuelle

La défonceuse est une machine que l'on utilise traditionnellement en mode manuel pour des opérations de rainurage en surface, de mortaisage ou d'usinage à l'intérieur d'une pièce; un gabarit sert à guider l'outil. La technologie de commande numérique permet désormais de commander directement grâce à un logiciel la trajectoire de coupe de l'outil, sa vitesse de rotation, sa profondeur de travail et même le choix de l'outil. Les machines à commande numérique utilisent des mécanismes à ventouses pour retenir la pièce sur la surface de travail. Pour les petites pièces cependant, la surface est parfois trop restreinte pour assurer une bonne tenue aux ventouses et il faut utiliser un dispositif mécanique. La technologie numérique offre le grand avantage de la précision et de la répétabilité. La programmation de la machine est longue et elle exige des compétences qui nécessitent une formation intensive.

Les défonceuses modernes à contrôle numérique sont mobiles sur cinq axes, le déplacement de l'outil imitant les mouvements de la main. Grâce à cette liberté de mouvement, la machine peut exécuter des tâches beaucoup plus exigeantes que par le passé. Elle peut s'acquitter de travaux de sculpture et de façonnage en trois dimensions. Il est de plus possible de lui ajouter des têtes de sciage et de perçage avec lesquelles la machine peut dimensionner les pièces et percer des trous dans les faces aussi bien que dans les rives. Les changements d'outils s'effectuent automatiquement grâce à un chargeur contenant une trentaine d'outils différents ou même davantage. Depuis quelque temps, on commence à utiliser la défonceuse à contrôle numérique

comme un centre d'usinage où l'on réalise toutes les opérations d'un coup, réduisant ainsi la manutention et le temps de transfert.

Les conditions de programmation et de mise au point se sont beaucoup améliorées ces dernières années. Le code de commande numérique, qu'un opérateur spécialisé devait initialement modifier ligne par ligne, est maintenant créé de façon automatique à partir de logiciels graphiques capables de scanner une image et d'envoyer les données correspondantes à l'ordinateur. Il est même possible d'analyser directement une pièce avec une caméra placée à des angles différents, et de numériser la forme de la pièce pour la reproduire. Le niveau de compétences nécessaire a donc baissé.

Le programme de commande numérique permet aussi d'automatiser la mise au point. Des dispositifs de vision détectent la position exacte de la pièce sur le plan de travail, si bien qu'il n'y a plus besoin de système de références. Si la machine est équipée de tables multiples, il est possible de charger ou décharger une table pendant que les outils travaillent sur une autre. L'alimentation de la machine peut être confiée à un robot, et l'on en trouve maintenant dans l'industrie du bois.

La technologie de commande numérique a transformé l'usinage du bois et la modernisation d'une usine signifie généralement que l'on remplace les vieilles machines par des machines à contrôle numérique.

Projections technologiques

- *Intégrer les données de vente à l'information utilisée par la commande numérique de manière à créer la liste de produits à partir de laquelle l'ordinateur peut établir et envoyer directement aux machines les programmes d'usinage. Ce genre d'intégration existe déjà pour les meubles de rangement (le vendeur d'armoires de cuisines dessine la cuisine avec le client à l'aide d'un logiciel spécialisé).*

8.3.13 Perçage

Technologie actuelle

Il est fréquent d'avoir à percer des trous dans les bois d'apparence. Les trous servent au positionnement de la quincaillerie et à la pose de goujons. On perce alors des avant-trous pour éviter de fendre le panneau qui sert d'âme. Traditionnellement, on effectue les opérations de perçage à l'aide de perceuses multiples capables de percer d'un seul coup une multitude de trous dans une pièce. Dans les usines modernes, les centres d'usinage multifonctions tendent à remplacer la perceuse.

8.3.14 Tournage

Technologie actuelle

Le tournage est l'une des opérations d'usinage les plus anciennes de l'humanité. Il existe une variété de tours adaptés aux différentes essences, à la cadence de production, à la dimension des pièces à usiner et à la qualité désirée. Les quatre principaux types sont le tour à couteau simple (tour classique), le tour à couteaux profilés, le tour à couteaux rotatifs profilés et le tour à reproduire. Les tours à couteau simple sont munis d'un chariot porte-outil qui se déplace le long de la pièce en suivant un gabarit qui commande la position de l'outil par rapport à la pièce et donc, la forme finale de la pièce. Le mode de fonctionnement est semblable à celui des tours manuels qu'on utilise avec un ciseau.

Les tours à couteaux profilés sont munis de un ou plusieurs couteaux conçus pour des profils particuliers. L'opération de tournage commence par une passe de gouge guidée par un gabarit

pour dégrossir la pièce. Les couteaux profilés descendent ensuite à un angle très prononcé pour lui donner sa forme finale. Chaque forme exige un jeu de couteaux différent.

Les tours à couteaux rotatifs profilés comportent un ensemble complexe de couteaux qui façonnent la pièce à un angle prononcé. Le porte-outil tourne rapidement alors que la pièce tourne lentement. Le porte-outil façonne ainsi la pièce sur toute sa longueur, s'en rapprochant progressivement. Ce type de tour est capable de façonner des sections non circulaires grâce à l'emploi de cames. C'est l'outil préféré pour le tournage des résineux moins denses.

Les tours à reproduire sont spécialement conçus pour la production de pièces de section irrégulière (manches de pioche, par exemple). Un modèle grandeur nature en trois dimensions de la pièce à reproduire est mis en rotation et une roulette de métal suit les contours du modèle, transférant cette forme à l'outil de coupe qui la reproduit sur l'ébauche.

8.3.15 Densification superficielle et traitement thermique

Technologie actuelle

Le durcissement du bois est une activité peu répandue au Canada mais elle prend de l'importance, surtout dans le but de créer des parquets pour concurrencer le chêne. Les agents de durcissement employés jusqu'ici sont surtout des polymères synthétiques relativement coûteux, d'autant plus que le taux de charge est élevé. En Nouvelle-Zélande, on utilise de la cellulose additionnée d'agents de réticulation, ce qui pourrait s'avérer plus intéressant au plan économique.

Percées technologiques

- *Concevoir une technique économique de durcissement du bois pour utilisation en parquetterie.*

8.3.16 Ponçage

Technologie actuelle

Le ponçage permet d'obtenir une surface lisse propre à recevoir la finition. Pour les panneaux, la machine la plus répandue et la plus efficace est la ponceuse à bande large. Équipée de têtes de ponçage multiples, elle permet d'exécuter l'opération de ponçage en une seule passe dans la machine. L'emploi de grains de plus en plus fins permet de réaliser le ponçage primaire, le ponçage intermédiaire et le ponçage de finition.

Les ponceuses modernes à bande large sont munies d'une commande numérique qui détermine avec précision la vitesse d'avance et la pression exercée sur la bande. La pression de ponçage est commandée électroniquement par l'intermédiaire de plaques segmentées. Un jeu de capteurs mesure les dimensions, la forme et l'épaisseur de la pièce à poncer et cette information sert à commander les plaques, lesquelles appliquent une pression seulement là où se trouve la pièce. Le ponçage des chants et des pièces de forme complexe s'effectue manuellement.

Pour le ponçage des moulures, on utilise des ponceuses linaires, équipées de plusieurs bandes de ponçage de petites dimensions orientées selon des angles différents de manière à poncer les parties plates et profilées de la moulure. Les cales de ponçage utilisées pour appliquer la bande contre la pièce ont un profil opposé à celui de la pièce; il faut donc les fabriquer pour chaque profil de moulure.

8.3.17 Réparations

Technologie actuelle

Les Européens (fabricants de menuiseries, huisseries et composantes de meubles) et dans une certaine mesure les Japonais pratiquent depuis longtemps la réparation des défauts dans les résineux. Pourtant, c'est une pratique qui n'a pas été adoptée en Amérique du Nord. Les défauts réparables sont les nœuds et les défauts longitudinaux (fentes, moelle, inclusions d'écorce). En présence d'un nœud bouchon, encastré ou vicieux, on perce un trou légèrement plus grand que le nœud et l'on insère une cheville à la place. Ce peut être une cheville ordinaire ou une cheville spéciale réalisée à partir d'une branche. On prend des chevilles ordinaires pour les produits à peindre, alors que les chevilles spéciales servent aux bois visibles; elles ressemblent alors à un nœud.

On effectue aussi des réparations à l'aide de pièces. On trouve dans le commerce spécialisé des pièces de formes diverses et de toutes les dimensions ou essences. On peut aussi réaliser ses propres pièces pour les appareiller au bois environnant (grain du bois, teinte, etc.). Pour l'usinage des défauts longitudinaux, on utilise une machine dont l'outil a un profil exactement inverse de celui de la pièce. La pièce est collée en place. Comme pour les chevilles de nœud, on affleure la pièce avec une défonceuse manuelle avant de poncer le tout.

8.3.18 Finition intérieure

Technologie actuelle

La finition est la dernière mais la plus importante étape dans le processus de la valeur ajoutée. Les chaînes de finition ont connu des changements considérables au cours des vingt dernières années. La méthode traditionnelle consistait à avoir un certain nombre de cabines de pulvérisation et à transporter les produits (armoires, portes intérieures, étagères, tiroirs et autres composantes) d'une cabine à la suivante sur un convoyeur. On applique le vernis ou la laque par pulvérisation à l'air sous haute pression. Dans certaines usines de meuble haut de gamme, le processus de finition peut compter jusqu'à 20 étapes et l'opération exige une main-d'œuvre nombreuse.

Depuis l'introduction des meubles prêts à monter, de nombreux changements sont intervenus, y compris de grands progrès vers l'automatisation. L'application de teintures, bouche-pores et vernis est réalisée en totalité par des machines à l'intérieur de cabines fermées, de manière à limiter les émissions de solvant et à recycler les surplus.

L'application des produits de finition aux pièces plates fait appel à diverses techniques : vernissage rideau, rouleaux et buses de pulvérisation en cabine fermée. Les systèmes à rideau et à rouleau sont les plus couramment utilisés et ils présentent l'avantage de permettre une récupération quasi-totale des produits de finition. Le réglage de l'épaisseur de couche est précis et facile, exigeant donc peu de temps. Dans les systèmes de pulvérisation automatique, de multiples buses sont montées sur des chariots rotatifs horizontaux qui se déplacent perpendiculairement au convoyeur transportant les pièces. Des capteurs détectent la position, les dimensions et la forme des panneaux, et commandent en conséquence le temps de pulvérisation de chacune des buses. Ces systèmes offrent une plus grande souplesse de fabrication que les systèmes à rideau ou à rouleau, en particulier pour les armoires de cuisine et autre panneaux profilés. Parmi les autres méthodes de finition automatique pour l'intérieur, on peut mentionner la finition sous vide, utilisée pour les pièces longues et étroites (moulures diverses, moulures d'encadrement, etc.) et la finition électrostatique, utilisée pour les formes plus élaborées telles que chaises, berceaux et petits objets. Pour les objets en trois dimensions particulièrement complexes, on peut faire appel à des robots à commande numérique munis de pistolets de pulvérisation de types divers. On commence à employer ce genre de technique pour la finition de chaises et autres articles de mobilier assemblé.

Les enduits de finition ont eux aussi beaucoup changé au cours des vingt dernières années, surtout du fait de la législation. Les produits à haute teneur en solvant organique sont en voie sinon de disparition, du moins de remplacement. On les remplace par des produits à l'eau ou par des enduits à haut extrait sec. De nouvelles techniques de pulvérisation ont été mises au point pour les enduits à l'eau. Quant aux enduits à haut extrait sec, on les applique par rideau ou avec des rouleaux. Les laques et vernis à l'eau les plus écologiques donnent maintenant un fini de qualité essentiellement équivalente à celui des enduits à solvant organique, sauf en ce qui concerne la teinture car l'eau tend à provoquer un soulèvement du grain du bois. On obtient de bons résultats avec des systèmes hybrides qui font appel à un solvant organique pour la première couche et à des produits à l'eau pour les couches de finition.

On parle depuis quelque temps d'appliquer aux produits de bois des revêtements en poudre. Comme c'est une technique qui exige un substrat conducteur, des essais ont eu lieu sur l'application préliminaire d'un enduit à l'eau afin d'augmenter la conductivité du bois sec avant le poudrage; les résultats n'ont cependant pas été concluants. La température relativement élevée nécessaire à la fusion de la poudre affecte aussi le bois, produisant des gerces et des déformations.

La technologie du séchage a suivi l'évolution des enduits et des méthodes d'application. Il existe toute une gamme de techniques permettant de faire durcir rapidement les enduits. On utilise encore la chaleur radiante dans les usines plus anciennes, mais c'est une méthode qui gaspille énormément d'énergie dans l'air ambiant. Avec les rayons ultraviolet, on obtient le durcissement d'un vernis au polyuréthanne en seulement une seconde; c'est la méthode la plus populaire pour les meubles prêts à monter et les parquets. Lorsque la finition est appliquées sous vide, le durcissement s'effectue en continu par application de chaleur radiante dans un long four.

Projections technologiques

- *Concevoir des enduits à haut rendement plus écologiques pour usage intérieur.*

Percées technologiques

- *Élaborer une technique permettant l'application d'enduits en poudre aux produits de bois. Concevoir des enduits sans solvant.*

8.3.19 Finition extérieure

Les procédés et les produits employés pour la finition du bois à usage extérieur (bardage, fenêtres, etc.) n'ont pas autant changé que ceux pour l'intérieur. Les produits de bois à usage extérieur sont souvent traités à l'aide d'un produit de préservation et n'ont pas besoin d'autre finition. Si on applique un enduit, on le fait dans la plupart des cas par pulvérisation ou avec une machine à rideau; on peut aussi plonger les objets dans l'enduit. Le développement d'enduits à usage extérieur vise principalement la durabilité. Les enduits doivent donc empêcher l'eau de pénétrer dans le bois et résister aux variations climatiques sans se fissurer. On utilise habituellement des teintures et des peintures à l'huile ou à l'eau que l'on durcit à la chaleur radiante.

Le chapitre 9 traite de la technologie de préservation du bois.

Les applications extérieures représentent un potentiel considérable pour le bois, mais on sait depuis longtemps que, pour réussir dans ce domaine, il faudrait des produits « sans entretien », car c'est le principal argument de vente des plastiques et autres concurrents. Même si certains produits de bardage se sont avérés très durables, ils doivent leur durabilité à plusieurs couches de teinture relativement opaque qui bloque le rayonnement ultraviolet. La technologie actuelle ne permet pas d'offrir des produits durables possédant l'apparence du bois naturel.

Projections technologiques

- *Concevoir des enduits à haut rendement plus écologiques pour usage extérieur.*
- *Formuler des enduits durcissables par rayonnement UV pour l'extérieur.*

Percées technologiques

- *Concevoir un procédé de finition pour l'extérieur préservant l'apparence naturelle du bois grâce à une modification chimique du bois qui le rende superficiellement résistant à l'ultraviolet et à la dégradation par l'eau, et à un enduit transparent assurant une résistance à long terme au rayonnement ultraviolet.*

8.3.20 Manutention

Technologie actuelle

Les fabricants de produits d'apparence traitent souvent de grandes quantités de pièces relativement petites ou des lots de pièces de longueurs variables. La manutention de ces pièces s'effectue fréquemment à la main et les opérateurs suivent parfois avec difficulté la cadence de production des machines, ce qui entraîne des pertes de productivité ainsi que la fatigue des opérateurs.

Percées technologiques

- *Concevoir et mettre en œuvre un dispositif mécanique pour automatiser l'alimentation, l'évacuation et l'empilage de pièces de longueurs variables, y compris des pièces très courtes (jusqu'à 125 mm [4,9 pouces]).*

8.3.21 Contrôle de la qualité et des procédés

Technologie actuelle

Les opérations de contrôle de la qualité sont le plus souvent exécutées manuellement; les opérateurs prélèvent des échantillons à intervalles plus ou moins réguliers sur la chaîne de fabrication afin de vérifier la qualité des produits. L'échantillonnage n'est jamais statistiquement représentatif et les résultats ne sont ordinairement pas connus avant plusieurs heures, si bien que les vices de fabrication peuvent s'avérer très coûteux. Les solutions à ce problème et à une fiabilité plus grande des produits passent par une gamme de techniques non destructives et des systèmes de vision informatisés. Beaucoup de ces systèmes sont encore en cours de réalisation et ils risquent d'être trop dispendieux pour les petites entreprises.

La popularité grandissante des normes ISO 9000 et 14000 dans l'industrie en général pourrait amener les fabricants de produits d'apparence à les adopter. L'enregistrement représente un important investissement mais l'expérience montre que, dans la mesure où on le traite comme une occasion d'optimiser les méthodes de travail, il est possible de récupérer très rapidement cet investissement par le biais d'économies sur les frais d'exploitation et d'une amélioration de la qualité des produits ou de la crédibilité des services.

Pour plus de détails, voir la section 4.18 sur le contrôle général de la qualité et des procédés.

Projections technologiques

- *Concevoir un dispositif de scannage et d'analyse graphique en continu ou toute autre forme de technologie pour contrôler la géométrie et les caractéristiques naturelles des pièces avant*

leur assemblage. Ceci devrait éliminer les pièces défectueuses et contribuer à la formation d'une base de données pour le contrôle des procédés.

- *Élaborer et mettre en œuvre un système non destructif de contrôle de la qualité en continu afin d'assurer une qualité totale et d'éliminer les essais manuels.*
- *Élaborer des modèles de flux des matières afin de minimiser les en cours de fabrication.*
- *Concevoir ou adapter des logiciels permettant de dessiner et de réaliser des outils d'usinage à partir d'un échantillon fourni par le client.*

Percées technologiques

- *Créer des systèmes experts et des outils d'aide aux décisions capables d'intégrer l'information recueillie par les instruments de contrôle de la qualité de manière à aider les opérateurs à dépister les problèmes, et à guider la mise au point des machines et les décisions de production.*
- *Élaborer et mettre en œuvre un système centralisé et intégré de commande des procédés incorporant l'information en provenance des diverses opérations, ainsi que les paramètres financiers et commerciaux, pour automatiser la mise au point des machines et optimiser la production en temps réel. Donner ainsi aux opérateurs les outils et les données leur permettant de réaliser des scénarios et d'optimiser leurs décisions.*

CONCLUSIONS POUR LES PRODUITS D'APPARENCE

L'industrie des bois d'apparence a connu ces vingt dernières années une croissance considérable et elle s'attend à ce que cette croissance se poursuive au cours des dix prochaines années. Les marchés ouverts à ses produits sont prometteurs tant pour la consommation interne que pour l'exportation. Certains parlent de rareté de la matière première mais la remise en question du bois d'œuvre ordinaire et la recherche de marges de profit plus généreuses pourraient bien libérer les ressources nécessaires en autant que la rentabilité le justifie. Les essences sous-utilisées et non traditionnelles représentent aussi d'ailleurs des volumes substantiels.

Le problème sans doute plus délicat auquel fait face l'industrie est celui de l'accès à la technologie de pointe qui lui permettra de tenir tête à ses concurrents, surtout européens, ceux-ci ayant l'avantage d'une plus grande expérience et d'une industrie locale de fabrication d'équipement à son service. Compte tenu que les entreprises canadiennes de ce secteur sont en majorité des PME, il faut trouver le moyen de mettre à leur disposition les outils technologiques dont dépendent leur productivité et leur compétitivité. Les fournisseurs canadiens d'équipement et de services ont aussi l'occasion de créer et de vendre de l'équipement, des systèmes experts et autres produits répondant précisément aux besoins de l'industrie, et il est indispensable de les encourager à le faire.

Une technologie de pointe exige des compétences de pointe et l'industrie des bois d'apparence ne peut pas compter automatiquement sur de telles compétences. Les programmes offerts par les collèges et universités vont jouer un rôle critique dans l'évolution du secteur, de même que le développement d'outils informatisés et toute autre activité visant à renforcer en permanence les compétences du personnel.

Comme les bois d'ingénierie, les bois d'apparence tirent leur valeur supérieure de caractéristiques bien précises recherchées par le client. Il faut donc les concevoir en fonction de la dynamique du marché. L'accès à une connaissance évolutive du marché sera un facteur de succès important.

Le design est la clé qui crée le lien direct entre le consommateur et le producteur, et qui crée la valeur. Il représente un changement de culture dans une industrie plus habituée à fabriquer des composantes selon un design créé ailleurs. Il convient donc de lancer les initiatives nécessaires pour favoriser le développement du design comme élément porteur du secteur canadien des bois d'apparence.

9 Bois traités contre la carie – Technologie actuelle et potentielle

9.1 Introduction et aperçu de l'industrie

Le traitement du bois à l'aide de produits chimiques pour augmenter sa résistance à la dégradation biologique s'effectue presque exclusivement sous pression et les techniques utilisées sont établies depuis longtemps. L'arséniate de cuivre chromé (CCA), le plus courant des produits de préservation, existe depuis une soixantaine d'années et le procédé d'imprégnation sous vide et sous pression existe depuis 160 ans. Les ventes canadiennes de bois traités sont restées essentiellement stables de 1990 à 1998 aux alentours de 400 millions de dollars. Par contre, les exportations ont progressivement augmenté au cours de cette période, surtout vers les États-Unis, si bien que l'industrie ajoutait en 1998 près de 108 millions de dollars à la balance commerciale canadienne.

9.2 Facteurs critiques

Les principaux problèmes auxquels fait face l'industrie touchent d'une part à ***l'imperméabilité des essences canadiennes***, qui empêche l'industrie d'atteindre les normes canadiennes et étrangères, et le ***nombre limité de produits de préservation disponibles***. L'évolution prévisible des ***exigences d'ordre environnemental*** et leurs effets sur la ***position concurrentielle*** de l'industrie viennent s'ajouter aux problèmes fondamentaux. Ces difficultés affectent de plus en plus l'industrie du bois qui voit ses marchés potentiels du Pacifique menacés par la ***susceptibilité de ses produits aux termites et à la carie***. Même les marchés existants sont menacés par l'activité croissance des termites de Formose dans le sud-est des États-Unis (favorisée par un recul des insecticides traditionnellement employés pour les combattre), la peu d'engouement des consommateurs pour l'entretien des bâtiments, ou l'existence de matériaux de substitution résistants aux termites ou à la carie et exigeant moins d'entretien que le bois.

Le ***manque de perméabilité de la plupart des bois canadiens*** a toujours été un facteur limitatif pour l'industrie. Même si les techniques d'incisage du bois ont permis à l'industrie de faire un bond en avant, ces techniques présentent l'inconvénient d'affecter l'apparence du bois et sa résistance mécanique. À moins que l'on ne trouve une autre méthode pour traiter les essences canadiennes, les ***importations de bois plus perméables*** risquent de prendre de l'importance et il sera ***difficile d'exporter des bois traités*** canadiens vers les régions où les termites menacent la construction en bois.

Les exportations de bois traité sont également limitées par le fait que ***l'industrie n'est pas en mesure d'utiliser les produits de préservation sans chrome ni arsenic*** exigés par les consommateurs japonais et européens. Divers produits sont approuvés au Japon, en Europe et aux États-Unis depuis plusieurs années mais il ne sont toujours pas disponibles au Canada. Le choix de produits de préservation accessibles à l'industrie canadienne est limité par ***un processus d'homologation lourd et coûteux.***

Les produits employés par l'industrie font l'objet d'une ***remise en question par divers groupes de pression*** intéressés aux questions de santé et d'environnement, surtout en Europe. Au Canada, ces mêmes produits sont soumis depuis cinq ans à un examen approfondi dans le cadre du Processus des options stratégiques (POS) d'Environnement Canada et du processus de réhomologation de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (terminé en 1999). Le POS vise à exiger une ***amélioration des méthodes antipollution dans toutes les usines de traitement***. À long terme, ***l'emploi des produits préservatifs à l'huile, comme la créosote et le pentachlorophénol, risque de décliner*** car, à mesure que le prix de l'huile augmente, les

fournisseurs lui cherchent des applications plus rentables. Les sous-produits du bois pourraient constituer une source d'huile de remplacement. L'emploi du pentachlorophénol risque de connaître des restrictions à cause des dioxines qu'il contient et qui inquiètent le public. ***Le CCA pourrait du reste connaître, lui aussi, des restrictions*** pour les mêmes raisons, même s'il n'existe aucune preuve qu'il ait des effets nocifs.

Les produits de préservation à faible toxicité, comme les borates, ne sont pas encore en mesure de remplacer les produits traditionnels car on n'a pas encore réussi à les fixer dans le bois. ***Les bois traités aux borates*** pourraient malgré tout voir leurs marchés s'accroître là où la ***résistance aux termites*** est un facteur de vente.

Il existe pour la préservation du bois une vision de haute technologie qui repose sur ***la modification chimique du bois*** dans le but de le rendre résistant à la dégradation naturelle. Une percée technologique en ce sens n'offrirait peut-être pas les caractéristiques économiques lui permettant de remplacer les produits traditionnels de préservation, mais elle ouvrirait à coup sûr de nouveaux marchés pour les bois d'apparence à valeur ajoutée. L'existence d'un potentiel considérable pour des produits de bois durables et faciles d'entretien est en effet largement reconnue.

9.3 Technologie d'amélioration de la traitabilité

Technologie actuelle

La principale difficulté en rapport avec le traitement des essence canadiennes est qu'elles sont constituées pour la plupart d'une mince couche d'aubier perméable et d'une forte proportion de bois de cœur imperméable. Les seuls bois à aubier épais sont le pin ponderosa et le pin blanc, mais on ne les trouve qu'en quantités limitées, et ils sont plutôt réservés à des applications de plus grande valeur. Le pin rouge se traite bien, lui aussi, et il sert à la fabrication de poteaux. Il est cependant inacceptable comme bois de terrasse car la résine tend à suinter par temps chaud.

Les normes canadiennes et américaines sur l'utilisation de bois traité (de moins de 125 mm) provenant d'essences à aubier mince (épinette-pin-sapin et pruche-sapin) en contact avec le sol exigent une pénétration minimale de 10 mm dans 80 p.100 des pièces échantillonnées. Or, il est très difficile d'atteindre ce niveau de pénétration, même lorsqu'on a recours à l'incisage. Les machines à inciser se composent de paires de rouleaux munis de dents entre lesquels passe le bois, et qui pratiquent des incisions longitudinales qui aident la solution à pénétrer. L'un des effets secondaires de l'incisage est de réduire la résistance du bois, et les normes appliquent des coefficients de réduction de 30 p.100 au module de rupture et de 10 p.100 au module d'élasticité dans le calcul des charpentes. Les incisions nuisent aussi à l'apparence du bois, et les acheteurs de bois de terrasse préfèrent habituellement du bois non incisé. Il existe une technique selon laquelle on emploie des dents minces pour inciser le bois à l'état vert avant de le sécher, ce qui rend les incisions moins visibles, mais peu d'usines sont en mesure d'appliquer cette technique nouvelle. Près de 75 p.100 des usines de traitement sont munies d'une machine à inciser, mais elles ne l'utilisent normalement que pour les fortes sections.

Des études ont été effectuées sur l'utilisation d'aiguilles, de lasers et de jets d'eau à haute pression pour inciser le bois de manière à augmenter la pénétration sans en réduire la résistance; ces études n'ont jusqu'ici conduit à aucune technique suffisamment pratique, économique ou rapide pour présenter un intérêt industriel. Les chercheurs ont aussi quelque peu étudié l'application de traitements biologiques pour rendre le bois plus perméable. L'industrie a besoin de traitements plus efficaces pour améliorer la perméabilité des bois et renforcer la position concurrentielle des essences canadiennes sur le marché des bois traités.

Une façon simple d'obtenir des bois traitables consiste à trier les essences les plus perméables dans les divers groupes d'essences. Certaines usines du centre du Canada achètent à cette fin

des lots d'ÉPS contenant une forte proportion de pin gris, reconnu depuis longtemps comme plus facile à traiter que les autres essences du groupe. En Colombie-Britannique, certaines usines recherchent le sapin subalpin exclus des lots d'ÉPS pour des raisons de séchage. Selon certaines études récentes de Forintek, le sapin gracieux du littoral Pacifique serait l'essence à aubier mince qui se prête le mieux au traitement par les techniques actuelles. Plusieurs scieries de la région côtière envisagent de le séparer du groupe pruche-sapin pour le vendre aux usines de traitement.

La teneur en humidité idéale pour le traitement des bois se situe dans les 25-30 p.100, niveau auquel les cellules de l'aubier sont vides et les voies de communication entre les cellules ne sont pas encore bouchées. Lorsque l'on traite le bois à l'état vert, la plus grande distance du point d'équilibre entraîne la formation de gerces de séchage qui risquent de faciliter la pénétration des spores de champignons dans le bois non traité. Seulement 30 à 40 p.100 des usines de traitement possèdent leur propre séchoir, et les scieries sont rarement disposées à sécher des lots de bois pour une humidité plus élevée que normale. Le bois provenant normalement des séchoirs contient une certaine proportion de bois trop sec pour le traitement (parce qu'imperméable). Certaines études ont porté sur diverses méthodes de prétraitement à l'aide de la vapeur ou du vide, mais elles n'ont donné aucun résultat utile. Dans le bois vert, l'aubier est saturé d'eau et ne peut être correctement traité; pourtant certaines usines continuent à traiter du bois vert.

Les 67 usines de traitement du Canada sont en majorité indépendantes, seulement neuf d'entre elles étant intégrées à une scierie. Ces dernières ont l'avantage de pouvoir choisir les essences les plus faciles à traiter dans l'approvisionnement de la scierie, et de les faire sécher dans les meilleures conditions. Malheureusement, elles exploitent rarement cet avantage.

Projections technologiques

- *Trouver dans les essences canadiennes ou certaines de leurs variantes des bois plus susceptibles d'accepter les solutions de traitement actuelles.*
- *Poursuivre l'élaboration et la mise en œuvre de techniques de reconnaissance des essences pour faciliter le triage des essences plus perméables.*
- *Étudier les moyens de stabiliser le pin rouge et de prévenir les coulées de résine.*
- *Poursuivre l'élaboration de techniques d'incisage de deuxième génération afin d'améliorer l'apparence des bois traités et l'efficacité des traitements.*

Percées technologiques

- *Concevoir un traitement biologique permettant d'améliorer économiquement la perméabilité des essences canadiennes à aubier mince.*

9.4 Technologie des produits de préservation

Technologie actuelle

L'arséniate de cuivre chromé (CCA), breveté en 1934, est un produit très efficace. Il est fixé dans les membranes des cellules, ne laissant que des traces de produit résiduel à l'état libre dans le bois. Le CCA protège contre la carie, les termites, les xylophages marins et le rayonnement ultraviolet. On peut ajouter à la solution un hydrofuge qui limite la formation de gerces en réduisant les cycles d'absorption et de séchage. La dose-réponse du CCA est excellente, c'est-à-dire qu'un traitement plus prononcé assure une durée de vie plus longue du bois dans des conditions données.

Certains critiques considèrent le CCA comme une menace possible pour l'environnement et la santé. Les données disponibles à ce sujet font l'objet d'examens intensifs par la *Environmental*

Protection Agency (EPA) des États-Unis et l'Agence de réglementation antiparasitaire du Canada, et les résultats seront connus en juin 2001. Selon les première indications, le CCA devrait rester dans le commerce.

L'arséniate de cuivre et de zinc ammoniacal (ACZA) a récemment été introduit au Canada en remplacement de l'arséniate de cuivre ammoniacal (ACA). Une seule usine l'utilise, surtout pour les fortes sections et les applications en milieu marin. L'ACZA pénètre beaucoup mieux le sapin de Douglas que le CCA grâce à l'ammoniaque, qui joue le rôle de solvant.

Certains services publics de la région centrale du Canada utilisent encore le pentachlorophénol en solution dans une huile lourde pour les poteaux, et l'on emploie toujours la créosote pour les traverses de chemin de fer. Les statistiques donnent la créosote comme le produit de traitement le plus utilisé, mais c'est surtout parce le niveau de rétention est de l'ordre de 25 à 30 p.100 en poids, alors la rétention du CCA ne dépasse pas 1 à 3 p.100 du poids du bois.

Il existe ailleurs dans le monde un certain nombre de produits de préservation sans arsenic ni chrome; ils contiennent généralement de l'éthyloamine de cuivre additionnée d'un co-biocide à faible toxicité pour les mammifères. On peut citer l'ACQ (composé quaternaire de cuivre aminé) et le CBA (composé de type azole de cuivre et de bore), tous deux utilisés en Europe et au Japon depuis plusieurs années; l'ACQ est aussi employé aux États-Unis. Aucune usine canadienne n'emploie ces produits. Il ne sont ni aussi bien fixés dans le bois ni aussi stables que le CCA, et leur histoire est moins bien documentée. Ils sont par ailleurs beaucoup plus dispendieux que le CCA. Divers biocides strictement organiques sont également en cours de développement; bien que coûteux, ils présentent l'avantage d'être utilisables à faible dose. Leur principal inconvénient jusqu'à présent se trouve être leur principale vertu : ils sont biodégradables dans le sol, et ils le sont aussi dans le bois.

Les produits de préservation basés sur le borate de sodium ne sont pas actuellement en mesure de remplacer le CCA ou les produits à l'huile parce qu'ils ne sont pas fixés dans le bois. L'industrie vient de réintroduire les borates au Canada, surtout pour les marchés d'exportation menacés par les termites. Toutefois, dans la région de Vancouver, la production initiale a servi en bonne part à la reconstruction de charpentes atteintes de carie par suite d'infiltrations d'eau au travers de l'enveloppe du bâtiment. Les borates présentent un certain nombre d'avantages dans le sens où ils protègent efficacement le bois contre la pourriture, les termites, les insectes (et le feu, mais à un taux de rétention beaucoup plus intensif); ils sont incolores, inodores, peu coûteux, et peu toxiques pour les mammifères. Ils sont aussi susceptibles de se diffuser dans le bois, c'est-à-dire qu'on peut les appliquer au bois vert et les laisser se répandre dans la masse du bois. La principale faiblesse des borates est qu'ils ne sont pas fixés dans le bois; leur utilisation se trouve par conséquent limitée aux produits qui ne sont pas en contact permanent avec l'eau (sous forme liquide). Des laboratoires du monde entier tentent de fixer les borates dans le bois, mais aucune solution pratique n'a encore été découverte.

Si nécessaire, l'industrie adoptera les systèmes à l'éthyloamine de cuivre avec co-biocide, puis des mélanges de biocides organiques, mais le rythme de changement dépendra des consommateurs et de l'attitude des organismes de réglementation. Même dans ce scénario, on conserverait probablement le CCA pour les poteaux électriques et autres applications structurales où l'on tolère mal les accidents. Pour les aspects environnementaux, voir section 9.7 sur la technologie antipollution.

La modification physique ou chimique du bois pour le rendre résistant à la biodégradation et aux intempéries sans passer par les biocides constitue l'objectif idéal. Les laboratoires ont proposé un certain nombre de procédés chimiques, mais aucun d'entre eux ne s'est jusqu'ici avéré économiquement réalisable. Les traitements à la chaleur en l'absence d'oxygène donnent des résultats intéressants, même s'ils ne semblent pas confirmer les cotes de rendement qu'on leur attribue; ils affectent aussi la résistance mécanique. Il s'agit de procédés complexes et coûteux, exploités par des entreprises qui en gardent les détails confidentiels. La création de procédés de

modification du bois plus économiques aurait pour effet d'éliminer les inquiétudes du public quant à l'environnement et la santé.

Projections technologiques

- *Découvrir des produits de préservation dotés d'un faible niveau de toxicité pour les mammifères et d'un impact limité sur l'environnement.*
- *Continuer à développer des méthodes permettant d'évaluer plus rapidement les produits novateurs de préservation que les essais à long terme.*

Percées technologiques

- *Élaborer une méthode rentable pour fixer les borates dans le bois sans réduire leur capacité de préservation.*
- *Mettre au point des combinaisons économiques de biocides organiques spécifiques qui soient stables dans le bois, biodégradables dans le sol, et capables de brûler sans créer des fumées ou des cendres toxiques.*
- *Concevoir un procédé chimique ou physique susceptible de modifier économiquement le bois pour le rendre résistant au rayonnement UV, à la biodégradation et aux variations dimensionnelles sans affecter toutefois ni son apparence ni ses propriétés mécaniques.*
- *Appliquer les ressources du génie génétique à la création d'arbres susceptibles de produire du bois dont les propriétés mécaniques soient acceptables, et doté d'une résistance naturelle à la biodégradation.*

9.5 Technologie de l'ignifugation

On traite rarement le bois contre le feu au Canada, car les mesures de sécurité incendie préconisées par le code du bâtiment ne reposent pas sur ce genre de traitement. La plupart des produits ignifuges du commerce sont composés d'azote, de phosphore et de bore. Comme l'azote et le phosphore servent de nutriments aux champignons, il est difficile de combiner l'ignifugation et la préservation pour les applications extérieures. Certaines recherches en ce sens ont bien été effectuées, mais le produit n'est pas commercialisé. Il existe par contre un produit à usage intérieur qui combine les effets ignifuges et préservatifs à l'aide de phosphate de guanyl urée et d'acide borique.

9.6 Technologie des procédés de traitement

Technologie actuelle

L'impregnation du bois par pression et vide telle que réalisée par les usines de traitement canadiennes pour le CCA fait appel au procédé à cellules pleines, ou procédé Bethell, breveté en 1838 et virtuellement inchangé à ce jour. On commence par créer une pression négative (d'environ 60 cm de mercure) pendant une trentaine de minutes, puis une pression positive (de 1035 kPa habituellement) pendant une heure ou plus, et enfin une pression négative pendant une quinzaine de minutes. Les usines qui traitent à la créosote ou au pentachlorophénol dans l'huile utilisent le procédé à cellules vides, ou procédé Lowry, qui ne comporte pas la phase initiale de vide. Les usines utilisent pour la plupart une forme ou une autre de commande électronique basée sur un contrôleur logique programmable; et elles sont de plus en plus nombreuses à automatiser complètement l'opération. Dans le procédé normal à pression variable, on fait monter la pression jusqu'au maximum prédéterminé, puis on la laisse tomber à mesure que le bois absorbe la solution. Quand la pression atteint le seuil prédéterminé (généralement 860 kPa), on la fait remonter au niveau maximum. Le cycle se poursuit ainsi jusqu'à ce que le bois ait absorbé la quantité voulue de solution. Diverses variations sur cette méthode de base (pression

oscillante, pression alternative et pulsations) ont fait l'objet d'études; aucune d'entre elles ne s'est avérée suffisamment intéressante pour justifier son exploitation commerciale au Canada. Les pressions supérieures à 1035 kPa risquent de provoquer l'affaissement des cellules chez certaines essences, mais il est possible d'éviter cet obstacle en modifiant quelque peu le procédé. Utilisant une technologie qui existe depuis une quinzaine d'années, environ 45 p.100 des usines de traitement canadiennes maintiennent un niveau uniformément élevé de pression grâce à des vannes de régulation. Des essais récents montrent que cette méthode assure une meilleure pénétration que la méthode de pression variable, et il est possible d'apporter à cette technique de nouvelles améliorations.

La pénétration de la solution dans le bois est limitée par sa viscosité. On obtient une amélioration considérable de la pénétration en utilisant des procédés à base de fluides supercritiques ou en phase vapeur, ce qui suppose l'adoption de produits différents, puisque les produits actuellement homologués ne se prêtent pas à ce genre de procédé. Le traitement par fluide supercritique est à l'étude à l'Oregon State University. Un traitement au borate en phase vapeur (toujours pas fixé) est en cours de commercialisation en Grande-Bretagne, et des techniques similaires ont été développées au Japon. Ces méthodes présentent entre autres inconvénients celui d'exiger une teneur en humidité très basse du bois, ce qui augmente les défauts de séchage. Ce sont malgré tout des techniques qui méritent un effort de recherche au Canada.

L'introduction de teintures lors du traitement a permis à l'industrie de donner aux produits traités au CCA des couleurs distinctives. Les plus courantes sont le brun, qui rappelle le cèdre rouge de l'ouest, et le gris qui donne au bois un aspect vieilli à l'extérieur. Une fois sec, le bois traité au CCA accepte bien les peintures et les teintures; l'élément chrome renforce le rendement des enduits de finition en protégeant le bois contre le rayonnement UV.

Projections technologiques

- *Modifier les techniques de traitement actuelles pour augmenter la pénétration des produits de préservation.*

Percées technologiques

- *Concevoir des traitements en phase vapeur combinant de nouveaux biocides et des éléments de modification du bois.*

9.7 Technologie antipollution

Technologie actuelle

De nombreuses usines de traitement ont déjà procédé aux modifications nécessaires pour se conformer aux directives techniques émises par Environnement Canada en 1988. Ces recommandations ont récemment été condensées en un seul document, « Recommandations pour la conception et l'exploitation d'installations de préservation du bois » (Environnement Canada, 1997), lequel présente l'ensemble des techniques et procédures recommandées pour minimiser l'exposition professionnelle, les risques pour la santé posés par les produits, et leurs effets néfastes sur l'environnement. Les usines ont jusqu'à 2005 pour se conformer aux nouvelles directives, qui exigent entre autres des dalles de béton et des fondations doublées de plastique, des puits de contrôle et des dispositifs de rinçage. Si les industriels modifient leurs installations et leurs méthodes de travail plutôt que d'adopter de nouveaux produits pour respecter les limites d'arsenic dans leurs eaux pluviales, c'est en partie parce que les produits de remplacement du CCA contiennent tous davantage de cuivre, particulièrement toxique pour la vie aquatique, et que les restrictions sur le cuivre dans les eaux pluviales sont tout aussi strictes.

L'une des conséquences de l'examen réglementaire auquel est soumis le CCA prend la forme d'essais obligatoires pour vérifier que le processus de fixation est bien terminé au moment où le

bois quitte l'usine, une mesure qui se trouvait déjà dans la norme CSA O80-97 sur la préservation du bois. La fixation est fonction du temps et de la température, et cette exigence peut entraîner des délais de livraison durant une bonne partie de l'année au Canada. C'est pourquoi de 25 à 30 p.100 des usines de traitement se sont dotées d'une enceinte d'accélération (séchoir modifié ou cellule chauffée). On peut du reste prévoir une augmentation de ce pourcentage, car les recommandations techniques exigent confirmation d'une fixation suffisante. On applique, pour fixer le CCA, une température d'au moins 50°C au bois pendant plusieurs heures selon la température et l'efficacité du médium de chauffage (air, eau ou vapeur). Le séchage au séchoir après traitement n'est exigé que pour les fondations en bois traité et pour les bois ou panneaux utilisés pour réparer les charpentes affectées par la pourriture. On vend généralement les bois traités à l'état humide (mais après fixation).

L'industrie du traitement a dépensé des sommes considérables pour la lutte antipollution. Les projets les plus courants concernent l'agrandissement des dalles de béton, le revêtement à l'époxyde des surfaces de béton, l'achat de chariots élévateurs spécialisés dans les opérations sur la dalle et hors de la dalle, la construction d'abris pour les bois fraîchement traités, la récupération améliorée des produits d'égouttage, les enceintes de fixation accélérée et les réservoirs pour eaux pluviales contaminées.

L'Institut canadien des bois traités et le *Western Wood Preservers Institute* ont rédigé un manuel (*Best Management Practices for the Use of Treated Wood in Aquatic Environments*) en réponse aux inquiétudes des utilisateurs quant aux effets du bois traité sur la vie aquatique. Pour tous les produits homologués de préservation, il existe des procédés et des procédures propres à minimiser la migration ou la lixiviation des produits. Il est en particulier recommandé de s'assurer que le bois qui entre dans le cylindre n'entraîne aucuns résidus susceptibles d'absorber la solution et de se détacher par la suite, de soumettre le bois créosoté à une phase d'expansion et d'étuvage, d'éviter le sur-traitement, de vérifier la fixation, et de s'assurer avant l'expédition qu'il ne reste aucun dépôt sur les surfaces.

Environnement Canada a dressé une liste des produits chimiques industriels toxiques, et entrepris d'évaluer le danger qu'ils représentent pour l'environnement, tout en proposant des méthodes pour limiter les risques. L'industrie de la préservation du bois est reconnue comme l'un des secteurs utilisant plusieurs des produits identifiés, dont les solutions contenant de l'arsenic (avec du chrome VI), les hydrocarbures polyaromatiques (provenant de la créosote) et les dioxines (impuretés du pentachlorophénol). La Politique de gestion des substances toxiques distingue deux voies possibles. La première voie impose une élimination quasi-totale de toute contamination de l'environnement; elle s'applique aux substances toxiques fabriquées, persistantes et biocumulatives. Le deuxième voie suppose une gestion intégrale (« du berceau à la tombe ») des produits afin de minimiser les risques en réduisant l'exposition humaine à ces produits ainsi que la contamination de l'environnement. Les buts de la deuxième voie tiendront compte des facteurs de santé et des paramètres scientifiques, techniques et socio-économiques dans le contexte d'un développement durable. Étant donné que l'arsenic est un sous-produit de la purification de minerais métalliques, et la créosote un sous-produit de la fabrication du coke, on ne les considère pas comme délibérément fabriqués. Les trois principaux produits de préservation se voient donc assignés à la deuxième voie. La prévention de toute forme de pollution est un objectif essentiel. Les mesures de réduction des risques sont en grande partie dictées par les Recommandations pour la conception et l'exploitation des installations de préservation du bois et le document *Best Management Practices for the Use of Treated Wood in Aquatic Environments*.

Les méthodes actuelles d'élimination des bois traités à la fin de leur vie utile peuvent être considérées comme une forme de contamination de l'environnement; il est donc nécessaire de concevoir des méthodes pour recycler les bois contenant des produits de préservation. On estime que les poteaux de ligne électrique ou téléphonique sont actuellement recyclés ou réutilisés dans une proportion de 50 à 100 p.100. L'élimination des bois traités destinés au public ne pose pas encore de problème. Les dépotoirs qui acceptent le bois acceptent aussi le bois

traité, mais, compte tenu des considérations d'espace et de coût, c'est une solution qui pourrait ne pas durer bien longtemps.

On peut s'attendre à ce que, dans un proche avenir, l'industrie doive assumer la responsabilité intégrale des produits de préservation du bois, et que des méthodes de recyclage commerciales voient le jour d'ici quelques années. Le bois traité pourra alors être considéré comme une matière renouvelable, au même titre que le bois ordinaire.

Projections technologiques

- *Concevoir des utilisations pour le bois traité recyclé.*
- *Élaborer des procédés pour extraire la créosote et le pentachlorophénol des bois traités recyclés.*

CONCLUSIONS POUR LES BOIS TRAITÉS

L'industrie canadienne du bois traité connaît une croissance nulle depuis plusieurs années, en partie parce qu'elle a dû consacrer une bonne partie de ses ressources aux questions d'environnement, et en partie du fait d'une promotion limitée. Dans un marché qui a atteint la maturité, la concurrence est vigoureuse et les marges bénéficiaires ne favorisent guère la recherche et la promotion. Le succès des produits de bois à valeur ajoutée créera peut-être des possibilités dans le domaine des produits destinés au public, mais il faudra pour cela que l'industrie dispose d'améliorations technologiques lui permettant d'offrir une meilleure qualité tout en maintenant ou en réduisant ses prix.

Les percées technologiques identifiées permettraient d'ouvrir de nouveaux marchés et de modifier les perceptions du public. Il y a donc lieu de voir dans les domaines technologiques proposés à la recherche un investissement essentiel qui positionnerait l'industrie canadienne pour une relance vitale fondée sur une famille de produits de bois durables.

10 PERCÉES TECHNOLOGIQUES

Tout au long de ce rapport, nous avons identifié des percées technologiques susceptibles d'entraîner des gains substantiels pour l'industrie canadienne du bois. Leur potentiel d'impact est variable : certaines profiteraient à la plupart des secteurs, alors que d'autres n'auraient qu'un champ d'application plus étroit. Leur potentiel d'impact économique est lui aussi variable, de même que les risques qu'ils représentent. Telles que définies dans la présente série de « cartes routières technologiques », les percées technologiques n'offrent aucune garantie de succès technologique; le simple fait qu'elles aient été suggérées par des participants à notre étude suggère cependant qu'il existe des raisons de croire à leur faisabilité technique. Il faudra encore pour les évaluer un soutien vigoureux de l'industrie du bois et de ses partenaires en R&D, ainsi qu'un effort soutenu de tous les intervenants à plus long terme.

Les innovations technologiques possibles reprises dans le présent chapitre ne représentent qu'une partie de celles qui ont été proposées dans les sections précédentes. La liste n'en est donc pas complète, et nous ne proposons ici aucune priorité, d'autant plus que cette tâche revient plutôt à des groupes sectoriels ou régionaux plus spécifiques dans leurs intérêts. On trouvera au chapitre suivant des recommandations portant sur le choix de priorités et sur la préparation de plans d'action.

Outre la faisabilité technique, les percées technologiques exigent la faisabilité économique. Les concepts novateurs risquent toujours d'être étouffés par l'application prématurée de filtres économiques à courte vue, et il va de soi que l'innovation scientifique doit jouir d'une certaine liberté d'action; toutefois, à mesure que les concepts se transforment en procédés, la faisabilité économique doit devenir l'un des critères fondamentaux. Il existe peut-être une percée technologique qui consisterait à donner au personnel scientifique et technique participant au développement de produits ou de procédés des outils plus perfectionnés leur permettant d'appliquer progressivement des critères économiques plus stricts à mesure que le projet prend corps.

Les organismes de recherche joueront vraisemblablement un rôle critique dans l'élaboration et la mise en œuvre de ces percées technologiques, mais l'implantation dans les usines exigera la collaboration de tous : fabricants des secteurs primaire et secondaire, fabricants d'équipement, fournisseurs de logiciels et firmes d'ingénierie, dans le cadre d'une collaboration permanente.

Le succès de la technologie repose sur une approche intégrée, en partie parce que tous les centres de fabrication sont interdépendants et forment un système, et en partie parce que, au-delà de la rentabilité, le succès se mesurera en termes de satisfaction du client, de rendement valeur, d'impact sur l'environnement, de santé et de sécurité, de qualité d'emploi, etc. C'est vrai, bien sûr, dans tous les secteurs, mais c'est une facteur qui prend une importance particulière dans le contexte des bois d'ingénierie et autres produits à valeur ajoutée.

Comme on l'a vu dans les sections consacrées aux facteurs critiques, le succès de l'industrie canadienne du bois au cours de la prochaine décennie dépendra dans une grande mesure de sa capacité à devenir une industrie de savoir. Les développements technologiques proposés ci-dessous relèvent pour beaucoup de l'acquisition et de l'analyse d'information : information technique dans bien des cas (caractéristiques des billes, du bois, etc.), mais aussi information commerciale concernant les marchés, les finances, l'équipement, etc., afin qu'il devienne possible de prendre les décisions de production en parfaite connaissance de cause.

Même dans le secteur primaire, la souplesse de fabrication va jouer un rôle prépondérant; or la seule voie permettant d'accorder une plus grande place au client sans sacrifier la productivité et les économies d'échelle passe par le contrôle des procédés, en commençant par la création de systèmes experts et autres outils d'aide aux décisions. L'objectif ultime consiste à instaurer une commande intégrée des procédés qui donnera à la direction de l'entreprise le pouvoir de saisir les

occasions de vente et d'optimiser la valeur de la production sans perdre de vue les autres facteurs, y compris les coûts.

1. *Techniques d'analyse graphique appliquées à l'analyse des peuplements forestiers et de la matière première (secteur primaire)*

Une information plus spécifique sur les peuplements forestiers (répartition des essences, densité des peuplements, état de santé de la forêt, diamètres des tiges, etc.) permettrait aux responsables de l'exploitation forestière de prendre de meilleures décisions en matière d'aménagement forestier, de répartition des billes et de transformation. Cette information permettrait de créer des bases de données détaillées sur les types de ressources ligneuses, qui serviraient ensuite à documenter divers modèles informatiques. On pourrait aussi y ajouter des données recueillies automatiquement lors des opérations d'éclaircie ou de récolte, peut-être avec l'aide de scanneurs montés sur les machines d'abattage.

Il devrait être possible d'adapter des techniques élaborées à des fins militaires qui reposent sur la photographie à haute résolution à partir de satellites ou d'avions, et l'analyse graphique par ordinateur.

2. *Application des concepts de gestion intégrée production-distribution à l'optimisation des approvisionnements (tous les secteurs)*

Les dirigeants de l'industrie du bois font souvent face à des décisions difficiles à prendre parce qu'elles doivent intégrer de nombreux facteurs complexes, depuis les caractéristiques des peuplements jusqu'aux préférences des clients, en passant par la disponibilité des ressources financières ou humaines, les aspects environnementaux, les systèmes de distribution, et les stratégies de commercialisation, etc. À toutes fins pratiques, la qualité des décisions est limitée par les connaissances des dirigeants, et certains facteurs n'entrent jamais en ligne de compte.

Il faut adapter à l'industrie du bois les concepts de gestion intégrée et les outils d'optimisation déjà en usage dans d'autres industries.

3. *Scanneurs externes et internes pour les billes et les sciages (tous les secteurs)*

L'optimisation de la valeur repose sur une connaissance approfondie de la matière première. Les scanneurs actuels fournissent des données sur la forme de la bille, et des études en cours tentent d'évaluer les caractéristiques internes à partir des caractéristiques externes, mais il n'en reste pas moins que seul un scannage intégral peut donner une information précise pour le tronçonnage et le premier débit. Il sera peut-être nécessaire de combiner plusieurs techniques pour obtenir une image complète de la bille avant et après écorçage. Parallèlement, le scannage interne des débits permettrait d'optimiser les décisions de délignage et de tronçonnage en détectant les défauts géométriques et autres (carie, nœuds, fentes, taches, etc.) à une cadence industrielle, tout en fournissant des données aux modèles intégrés d'aide aux décisions en temps réel. Dans la deuxième transformation, le scannage intégral faciliterait aussi la détection et la purge des défauts avant l'aboutage, ainsi que le débitage des bois francs destinés à être « reconstitués ». Cet équipement devrait être conçu pour évoluer en fonction de sa propre expérience (réseau neuronal).

Comme on l'a vu à la section 4.7, il existe divers types de scanneurs « internes ». À ce jour cependant, aucun d'eux ne semble susceptible de fonctionner aux cadences industrielles. Étant donné la nécessité d'avoir recours à des systèmes multi-capteurs, la rentabilité du système pourrait poser un problème, surtout si l'équipement doit servir à la transformation de petites billes. Les ordinateurs devront pouvoir analyser des masses de données considérables, notamment si l'opération de scannage est reliée aux divers optimiseurs situés en amont et en aval.

4. *Reconnaissance automatique des essences de résineux (sciage de résineux)*

La recherche de valeur suppose que l'on puisse identifier les essences qui composent les groupes commerciaux (épinette-pin-sapin, pruche-sapin, etc.) de manière à les transformer le plus efficacement possible. Certains industriels veulent, par exemple, séparer le sapin baumier et le sapin subalpin des autres essences pour les sécher selon un programme spécial. D'autres veulent trier le pin gris ou le sapin gracieux, dont la perméabilité relative présente une valeur pour le traitement sous pression. D'autres encore souhaitent réserver le pin pour la deuxième transformation. Dans tous les cas, on veut trier les essences pour optimiser le procédé (réduire les coûts) ou le produit (valeur ajoutée). Jusqu'ici, le triage reste une opération essentiellement manuelle. En automatisant totalement la reconnaissance des essences dans le bois vert et sec, on obtiendrait un triage sans erreur à haute vitesse, et la possibilité de réaliser ce triage en plusieurs endroits selon les objectifs poursuivis.

La technologie envisagée devrait pouvoir reconnaître un grand nombre d'essences dans des conditions (climatiques ou autres) très variables, et quelles que soient les caractéristiques de surface des bois.

5. *Écorçage intelligent pour optimiser le rendement matière et la qualité des copeaux (secteur primaire)*

Les écorceuses existantes enlèvent l'écorce en appliquant sous pression des couteaux contre la bille. Même si ces écorceuses sont capables de bons résultats en autant qu'elles soient convenablement réglées et entretenues, elles ne sont pas très efficaces avec les billes gelées ou difformes.

Une écorceuse intelligente pourrait combiner un scanneur à profil réel pour détecter la forme de la bille sous l'écorce, et un outil semblable à un tour pour écorcer la bille selon le profil fourni par un ordinateur.

6. *Triage des bois en catégories de potentiel de séchage semblable (tous les secteurs)*

Les industriels désireux d'optimiser le temps de séchage et la qualité du bois se tournent vers le triage des essences afin d'obtenir des charges de séchoir plus homogènes. Les critères de triage les plus courants sont les dimensions, l'essence, la teneur initiale en humidité et la masse, soit individuellement soit en combinaison. Bien que leur influence sur les caractéristiques de séchage des bois (leur « potentiel de séchage ») soit connue, ces divers facteurs ne suffisent pas à prédire avec la précision souhaitable le comportement des bois au séchage. Certains des paramètres en jeu sont connus et mesurables alors que d'autres demeurent difficiles à mesurer (cernes de croissance, perméabilité, etc.) ou n'ont tout simplement pas été identifiés.

Pour parvenir à trier les sciages selon leur potentiel de séchage, il d'abord connaître tous les facteurs affectant leurs caractéristiques de séchage ainsi que leur importance relative. La prochaine étape consistera à développer la technologie nécessaire pour mesurer tous les facteurs significatifs dans le bois vert (sciage primaire) ou le bois sec (re-séchage pour la valeur ajoutée), et à soumettre l'information obtenue à un logiciel capable de déterminer en continu le triage optimal. Un logiciel existant, comme OASiS, pourrait probablement servir de modèle de départ.

7. *Automatisation du contrôle de la qualité et de l'appareillage des bois à l'aide de systèmes de vision informatisés*

Il existe déjà des machines de classement qui font appel à la vision informatisée, une technologie en pleine évolution depuis quelques années. Dans la fabrication des bois de sciage, la percée technologique consisterait à appliquer les techniques de vision à l'évaluation des produits immédiatement après chacune des opérations, de manière à évaluer la qualité du produit obtenu

et à transmettre l'information correspondante. Les mécaniciens et les affûteurs pourraient par exemple bénéficier de renseignements sur les dimensions et l'état de surface du bois recueillis en sortie de scie. Cette même information pourrait aussi alimenter le système de commande intégrée des procédés (voir ci-dessous).

Dans l'aboutage du bois, un système de vision automatique offrirait un moyen économique de mesurer les défauts d'usinage (y compris les coupes non perpendiculaires et les entures défectueuses) ainsi que le taux d'application de l'adhésif.

Dans la production de bois d'apparence, les systèmes de vision peuvent servir à appareiller les pièces selon le grain et la teinte avant les opérations d'aboutage ou de jointage sur chant. Il existe déjà des dispositifs capables d'exécuter ce genre de travail; la percée technologique consiste à les transformer en machines de haute capacité, facilement adaptables et justifiables au plan économique. L'efficacité exige un ensemble de techniques de vision complémentaires, et le succès dépendra en partie de la puissance des ordinateurs disponibles et de leur capacité de traiter un volume considérable d'information.

8. *Automatisation de la mise au point des machines et des changements d'outil (tous les secteurs)*

Le réglage des scies, des raboteuses et autres machines, et le remplacement des lames de scie et des couteaux est un problème pour les industriels du bois du fait des temps morts qu'ils entraînent et de la précision nécessaire pour atteindre des objectifs de rendement très exigeants. L'importance grandissante de la qualité et la multiplication des spécifications de produit au cours des prochaines années ne peut qu'exacerber le problème.

La percée technologique dans ce domaine consisterait à adapter à l'ensemble des centres de fabrication une technologie déjà en usage dans le secteur des bois d'apparence qui confie à des machines robotisées la fonction de lire des plans numérisés, de choisir l'outil adapté à la tâche, et d'effectuer la mise au point en fonction des dimensions et des caractéristiques de la pièce à usiner tout en commandant l'amenage et l'évacuation.

9. *Commande de séchoir susceptible d'optimiser le programme de séchage en fonction de la charge contenue et des conditions externes (tous les secteurs)*

Pour limiter les frais de séchage et optimiser en même temps la qualité du bois, il faut que les conditions de séchage soient exactement adaptées aux caractéristiques de la charge présente dans le séchoir (c'est-à-dire son potentiel de séchage global), aux paramètres déterminant l'efficacité du séchage (caractéristiques du séchoir, apports d'énergie, circulation de l'air, etc.). Plusieurs de ces paramètres évoluent à mesure que progresse le programme de séchage, et pour optimiser l'opération il faut pouvoir mesurer en continu les paramètres critiques à l'intérieur du séchoir.

Il faudra créer des modèles plus complexes, et un effort important sera nécessaire pour définir et quantifier tous les paramètres critiques relatifs aux intrants comme aux résultats obtenus. En attendant de parvenir à une commande totalement automatisée, il serait vraisemblablement possible de produire un outil puissant d'aide à l'intention des opérateurs de séchoir et des responsables de la qualité.

10. *Systèmes de classement intégrés en continu (sciages de résineux et bois d'ingénierie)*

Il existe des techniques pour évaluer certaines propriétés mécanique du bois, mais, pour d'autres, comme la rigidité sur chant, les propriétés axiales ou la résistance au cisaillement, on en est réduit à les calculer à l'aide d'équations de corrélation. Étant donné que les corrélations sont nécessairement dérivées de grandes quantités de données et affectées de facteurs de sécurité, il

est impossible d'optimiser individuellement les pièces pour les applications où ces contraintes calculées sont déterminantes.

Dans le cas des bois d'ingénierie, il existe peu d'outils pour le contrôle de la qualité en continu, et l'industrie doit avoir recours à des essais limités hors ligne pour appuyer ses programmes d'assurance de la qualité. Ces essais sont coûteux, et la détection d'un problème peut prendre plusieurs heures.

Les systèmes de vision actuels sont capables de mesurer les défauts géométriques (variations dimensionnelles, flache, manque, etc.) mais non la carie, les nœuds ou les taches, pour lesquels il faut faire appel à un classement humain.

Un système totalement intégré assurerait un classement exact et cohérent en fonction de règles de classement multiples et changeantes. Il faudra pour atteindre ce but combiner diverses méthodes d'évaluation choisies en fonction du produit et des paramètres critiques; il faudra aussi intégrer au programme informatique les facteurs de marché et paramètres économiques pertinents. En plus d'assumer l'opération de classement proprement dite, le système pourrait être relié à l'ordinateur central de l'usine et servir à l'exécution de simulations et à l'évaluation de scénarios.

11. Systèmes experts et simulateurs pour le transfertd e technologie aux cadres et aux opérateurs.

À mesure que la technologie se fait plus complexe dans les scieries et les usines de deuxième transformation, les dirigeants et les opérateurs éprouvent des difficultés croissantes à maîtriser son potentiel, à l'adapter à leurs besoins particuliers, et à donner leur avis aux fournisseurs d'équipement ou de logiciels. Les techniques d'acquisition de données et de traitement de l'information évoluent si vite, par ailleurs, qu'il leur faudrait perfectionner sans cesse leurs compétences.

Même si l'automatisation semble être la solution cherchée dans certains cas, c'est une solution qui a ses limites, notamment quand elle rend le fabricant plus dépendant de ressources externes.

Les simulateurs informatisés permettent de donner hors ligne une formation efficace, de raccourcir le temps d'apprentissage et de réduire les effets à court terme de la formation sur la productivité et la qualité. Il existe déjà des simulateurs; il reste à en faire des instruments économiques et accessibles à la majorité des usines.

Les systèmes experts sont d'un usage courant dans d'autres domaines, particulièrement en médecine, où ils multiplient les connaissances et l'expérience du praticien en lui donnant accès aux connaissances et à l'expérience d'autres experts. Les systèmes experts peuvent aussi être conçus pour transférer la technologie de pointe dans un format relativement simple.

Simulateurs et systèmes experts ne remplacent pas une solide instruction de base et une formation pointue; il faut plutôt les voir comme des outils qui viennent compléter les connaissances.

12. Intégration du contrôle de la qualité et des procédés en continu (tous les secteurs)

Diverses techniques de contrôle de la qualité, y compris celles qui reposent sur un système de vision, permettent d'évaluer les caractéristiques du produit immédiatement après chacune des opérations, et donc de détecter et rejeter les pièces défectueuses. En analysant les données recueillies pour le contrôle de la qualité, on peut détecter les tendances et les distorsions qui affectent les machines et alerter le personnel en conséquence. À titre d'exemple, l'analyse de l'information sur les variations d'humidité et les défauts du bois recueillie au poste de classement serait utile aux opérateurs de séchoir et aux responsables du sciage.

Une fois analysées, les données provenant du contrôle de la qualité pourraient aussi servir à corriger automatiquement les problèmes, en autant que la mise au point des machines soit automatisée, ou à soutenir un programme d'entretien préventif.

Dans un programme totalement intégré de commande des procédés, les différents centres de fabrication sont reliés à un ordinateur central responsable de contrôler la qualité et les cadences de production dans l'ensemble de l'usine, d'optimiser le flux des matières et la productivité par une meilleure coordination des centres de fabrication, de détecter les tendances et de corriger les problèmes quand c'est possible, et de proposer une solution de rechange si la solution idéale n'est pas réalisable (exemple : blocage d'un convoyeur). L'ordinateur optimise les opérations en fonction des paramètres de fabrication et de tout autre paramètre retenu par la direction (carnet de commandes, facteurs économiques, objectifs stratégiques, etc.).

Compte tenu de la complexité du processus de fabrication du bois de sciage, la commande globale des procédés ne sera peut-être pas réalisable dans les dix ans qui constituent l'horizon de ce rapport, mais rien n'empêche d'en adopter le principe et d'entreprendre la démarche qui permettra d'atteindre l'objectif ultime.

13. Produits commerciaux faisant passer l'écorce du statut de résidu à celui de matière première (tous les secteurs)

Des travaux sont en cours dont l'objectif est d'augmenter l'utilisation de l'écorce et autres sous-produits comme combustible dans des piles ou autres procédés de production d'énergie. Un procédé est aussi en cours de développement pour utiliser l'écorce comme matière première dans la fabrication d'un panneau durable qui semble offrir un certain potentiel commercial.

Compte tenu des volumes considérables d'écorce accumulés par l'industrie canadienne, il est improbable toutefois que ces solutions utilisent toute l'écorce disponible, et il semblerait souhaitable de trouver d'autres applications rentables (plutôt que des solutions d'élimination). Les percées technologiques recherchées prendraient la forme de produits ou de procédés commerciaux exploitant les propriétés particulières de l'écorce, et créateurs de valeur.

14. Application de fibres de synthèse au renforcement des bois d'ingénierie (bois d'ingénierie)

La création de fibres synthétiques telles que les polycarbonates et leur amélioration continuelle ouvrent de nouvelles perspectives pour le développement de produits d'ingénierie améliorés. On les emploie déjà avec succès pour augmenter les portées des lamellés-collés.

Le moment serait bien choisi de réexaminer systématiquement la gamme actuelle de produits d'ingénierie, et de déterminer si l'intégration de fibres synthétiques à ces produits (bois aboutés, fermes, poutrelles, etc.) ou à de nouveaux produits permettrait d'atteindre des niveaux de rendement supérieurs ou de diminuer les prix de revient.

15. Adhésifs plus performants et à moindre coût (produits à valeur ajoutée)

Les adhésifs traditionnellement employés dans la fabrication de bois d'ingénierie représentent un pourcentage important des coûts. Le plus souvent, la prise de l'adhésif est lente, ce qui entraîne l'accumulation d'inventaires, ou elle exige un apport d'énergie. Pour les bois d'ingénierie comme pour les bois d'apparence, les méthodes utilisées pour rendre les adhésifs plus réactifs tendent à réduire proportionnellement leur durée de conservation, ce qui augmente les risques de défectuosités.

La percée technologique envisagée vise la formulation d'adhésifs stables mais susceptibles de réagir rapidement sous l'effet d'un mécanisme de détente. La formulation de l'adhésif devrait être variable en fonction des caractéristiques spécifiques au bois (essence, humidité, état de surface,

etc.) et aux résultats souhaités (vitesse de réaction et rendement, dont la résistance mécanique immédiate, la résistance à l'humidité, la résistance au fluage et autres critères selon l'application). Puisque les produits collés à usage structural doivent respecter certains critères mécaniques, il faudrait aussi concevoir des méthodes permettant d'évaluer les nouvelles formulations et de fournir des garanties de rendement à court et à long terme.

16. Enduits en poudre pour éliminer les solvants dans la finition des bois d'apparence (bois d'apparence)

Alors que les poudres de revêtement sont maintenant d'un usage courant dans d'autres industries, les résultats obtenus avec le bois n'ont jusqu'ici permis aucune application industrielle, surtout parce que le bois, et particulièrement le bois sec, est mauvais conducteur de l'électricité.

Étant donné que les poudres représentent un moyen remarquable d'éliminer tous les solvants (y compris l'eau, qui soulève les fibres) et de réduire le gaspillage ainsi que la pollution de l'air dans l'industrie des composantes de meuble et autres bois d'apparence, une percée technologique de caractère économique dans ce domaine aurait des conséquences importantes.

17. Produits d'usage extérieur sans entretien (bois d'apparence)

La facilité avec laquelle les plastiques et les métaux sont parvenus à déplacer le bois dans certaines applications extérieures comme les meubles de patio, les bardages ou les moulures s'explique en bonne partie par le fait que les produits de bois doivent être repeints ou revernis à intervalles réguliers. Certains produits de bardage traités à l'aide de teintures relativement opaques donnent de bons résultats à long terme, mais il n'existe aucun moyen pratique de protéger le bois contre le rayonnement ultraviolet et les intempéries tout en lui conservant son aspect naturel et donc son intérêt aux yeux du consommateur.

L'innovation dans ce domaine pourrait prendre la forme d'un procédé chimique ou physique permettant de modifier le bois sans affecter ni son aspect ni ses propriétés mécaniques.

18. Traitement biologiques pour faciliter le traitement des bois canadiens (bois traités)

Certains traitements biologiques sont reconnus pour leur pouvoir de dégrader dans les cellules du bois les éléments qui bloquent le passage des solutions sans les inconvénients de l'incisage pour l'aspect du bois et ses propriétés mécaniques.

Comme les traitements biologiques exigent habituellement des conditions spéciales de température et d'humidité, en plus d'être relativement lents, le problème consiste à créer des paramètres de réaction tels que le procédé soit compatible avec les méthodes de travail industrielles, et économiquement rentable.

19. Création de bois naturellement durables par manipulation génétique (valeur ajoutée)

Le cèdre et autres essences naturellement durables ont su retenir l'intérêt des consommateurs malgré la concurrence des bois traités, des plastiques et des métaux. Les récents succès des techniques de génie génétique laissent supposer qu'il devrait être possible de transférer la matériel génétique responsable de la durabilité naturelle chez le cèdre et d'autres espèces (pas nécessairement limitées au bois) à des essences abondantes et productives telles que les pins, l'épinette ou le tremble.

Ce genre de percée technologique n'aurait évidemment aucun effet à court terme, mais ses effets à long terme sur la position concurrentielle du bois seraient considérables.

20. Nouveaux produits (tous les secteurs)

Comme l'illustre la croissance rapide de l'industrie secondaire (valeur ajoutée), et comme on l'a vu dans les sections sur les facteurs critiques affectant l'industrie, plusieurs facteurs contribuent à encourager l'industrie canadienne du bois à créer de nouveaux produits pour diversifier sa production quand la pression de la concurrence sur les bois d'œuvres ordinaires se fait trop forte, pour contrebalancer la rareté de la matière première, ou encore pour ajouter de la valeur aux produits existants en exploitant des créneaux plus rentables.

On peut créer une infinité de produits nouveaux en modifiant les techniques de débitage et de finition, et encore plus en modifiant les propriétés chimiques, physiques, voire génétiques du bois. Ce sera particulièrement vrai pour les bois d'apparence, mais le percée technologique la plus significative dans ce secteur de l'industrie serait d'adopter le design comme instrument pour faire le lien entre la demande (préférences des clients) et l'offre (caractéristiques de produit).

Les percées technologiques dans le secteur structural proviendront de combinaisons imaginatives de bois et d'autres matériaux (métaux, adhésifs, fibres synthétiques, plastiques, etc.) conçues en fonction des propriétés recherchées par le consommateur. Dans la plupart des cas, toutefois, les produits structuraux sont utilisés dans le cadre d'un système, et ce sont les caractéristiques de performance du système (sécurité incendie, durabilité, intégrité structurale, prix de revient, etc.) qui sont déterminantes, plutôt que celles des matériaux qui le composent. Les percées technologiques dans ce domaine supposent la conception de systèmes répondant aux critères de performance recherchés par le client, et la conception de produits en fonction de ces systèmes.

En conclusion ...

Ces quelques exemples de percées technologiques confirment qu'il existe bien des solutions techniques aux problèmes auxquels fait face l'industrie canadienne du bois, ainsi que de nombreuses possibilités de développement. Les percées technologiques réalisées dans d'autres domaines, notamment celui des sciences informatiques, rendront possible la création d'outils puissants pour la solution de problèmes technologiques qui paraissaient insolubles il y a seulement quelques années. Les attitudes ont changé, elles aussi, et on trouve dans l'industrie une plus grande ouverture à l'innovation et une plus grande tolérance du risque qu'elle représente. L'évolution de la technologie et des conditions économiques entraîne une évolution parallèle des possibilités de percées technologiques, et tout programme de R&D doit comporter une veille technologique des innovations dans les autres secteurs industriels.

Il a souvent été question dans ce chapitre de rentabilité et de faisabilité économique. C'est que, dans bien des cas, la rentabilité représente précisément l'essentiel du problème à résoudre, surtout dans le cas des PME (secteur de la valeur ajoutée, en particulier), pour lesquelles les machines à haut rendement coûteuses sont injustifiables.

On trouvera au chapitre suivant des recommandations visant à créer l'infrastructure nécessaire au développement d'une industrie du bois fondée sur le savoir et orientée vers la technologie; cette infrastructure aurait aussi pour effet de créer les conditions idéales pour la réalisation des percées technologiques identifiées ici, et pour améliorer de façon radicale la position de l'industrie face à ses concurrents.

11 RECOMMANDATIONS ET PLAN D'ACTION

Le Canada bénéficie naturellement d'une abondance de matières premières sur lesquelles nous avons bâti une capacité d'exportation enviable. L'industrie canadienne des sciages de résineux a su se tenir à la pointe de la technologie, et certains secteurs ont même pris rang de modèles à l'échelle mondiale. Le défi que doit relever notre industrie, comme du reste beaucoup d'autres secteurs d'exportation, consiste à préserver ses acquits en dépit d'approvisionnements plus difficiles, de restrictions au commerce et d'une concurrence plus vive de producteurs étrangers et des vendeurs d'acier et autres matériaux. Notre industrie doit fabriquer plus efficacement encore ses produits de base tout en se dotant des compétences nécessaires pour s'adapter à la spécialisation des marchés et à la souplesse de production qu'elle impose.

Dans le secteur des feuillus, certains industriels se sont créé un capital de savoir technique et commercial en travaillant avec des billes importées. Pour la majorité cependant, le défi principal est de fabriquer les produits possédant les caractéristiques recherchées à partir de billes ou d'essences non traditionnelles. Cette situation a amené de nombreuses entreprises à se tourner vers la valeur ajoutée, notamment les composantes de meuble et autres produits d'apparence. Il leur faut maintenant trouver le moyen d'employer de façon plus rentable les bois de faible valeur, ou adopter une technologie nouvelle pour les valoriser. Le secteur des feuillus n'a pas investi dans la technologie aussi massivement que celui des résineux et, compte tenu de ses caractéristiques structurales et économiques, ses besoins continueront à être différents. Il lui faut aussi perfectionner ses outils de marketing, diversifier sa production et optimiser ses méthodes de travail.

Pour les mêmes raisons qui ont poussé le secteur des feuillus vers les bois d'apparence, l'intérêt du secteur des résineux pour les bois d'ingénierie va grandissant. L'arrivée de producteurs de plus en plus importants dans la production de bois MSR ou de bois aboutés a commencé à transformer ce qui était des produits à valeur ajoutée en produits de base, et déjà on parle davantage de réduire les prix de revient que de maximiser la valeur commerciale. Seule l'innovation pourra maintenir la vitesse acquise et protéger les marges de profit.

L'intérêt croissant de l'industrie du bois et d'une nouvelle génération d'entrepreneurs pour la valeur ajoutée a donné naissance à une industrie caractérisée par un développement rapide, la prépondérance de PME, des besoins en main-d'œuvre relativement importants, une grande variété de produits (charpente et apparence), un besoin de compétences technologiques et autres, et, malheureusement, un taux de faillites important. Même si les volumes de production sont très loin de ceux du secteur primaire, beaucoup voient dans la deuxième transformation et la valeur ajoutée l'embryon d'une industrie fondée sur le design et un potentiel considérable d'exportation et de profit.

Les recommandations ci-dessous dépassent le cadre technique parce que la technologie ne saurait garantir à elle seule le succès de l'industrie. Elles visent particulièrement les transferts de technologie, l'accès à l'information, le renouvellement des techniques et la formation, car le principal problème de l'industrie du bois relève moins de l'absence de technologie que de sa capacité d'utiliser la technologie disponible. Pour assurer une position concurrentielle à l'industrie, la technologie doit être encadrée par des stratégies à long terme bien définies qui portent aussi sur les ressources humaines et matérielles, une connaissance du marché dynamique et « anticipative », et un certain respect des facteurs sociaux dominants dans les régions productrices comme dans les régions consommatrices.

Chaque groupe de recommandations se veut autonome. Comme toutes les recommandations se recoupent pour composer une stratégie cohérente, certaines répétitions étaient inévitables.

Compte tenu de la nature stratégique de ces recommandations, il va de soi que l'on retrouvera ici un certain nombre d'idées déjà proposées dans la *Carte routière technologique des Panneaux dérivés du bois* d'Industrie Canada.

PLANIFICATION STRATÉGIQUE

1. Définir des programmes de R&D à long terme

La définition d'un programme de recherche constitue la prochaine étape de notre carte routière technologique. Il suffira initialement d'en esquisser les grandes lignes en fonction des priorités à moyen et à long terme de l'industrie. Les programmes de recherche déjà commandités par le gouvernement fédéral canadien et divers gouvernements provinciaux représentent un excellent point de départ. Les universités et les instituts de recherche de l'industrie font beaucoup, et ils faut viser à rationaliser et à renforcer leurs activités plutôt qu'à les répéter.

Nous avons suggéré dans ce rapport un certain nombre de percées technologiques. Il s'agit par définition de projets à risque dont le succès exercerait un effet substantiel sur la situation économique de l'industrie. Ces suggestions doivent être étudiées plus en détail, hiérarchisées et converties en une série d'objectifs et de projets réalisables adaptés aux besoins des régions et des secteurs.

En ce qui concerne les projections envisagées de la technologie actuelle, elles dépendent probablement plus des fournisseurs d'équipement ou autres que des organismes de recherche, mais ces derniers n'en ont pas moins un rôle à jouer en fournissant les connaissances de base sur lesquelles l'évolution peut s'appuyer, en évaluant les nouvelles techniques et en intégrant l'ensemble des fonctions de fabrication et de commercialisation en un système cohérent. Pour les produits à usage structural, les organismes de recherche ont de plus la responsabilité essentielle de faciliter l'accès au marché en matière de normes.

La recherche fondamentale sur les caractéristiques du bois, le séchage, l'usinage, le collage, la finition, etc. doivent faire partie de ce programme. Les négliger risquerait d'hypothéquer la capacité de l'industrie de pousser plus avant l'optimisation et le contrôle de ses procédés. La recherche doit aussi porter sur le design (voir ci-dessous) tant pour les éléments de charpente que pour les bois d'apparence. Le design, qui traduit les propriétés recherchées par le client en produits (et anticipe la demande à l'occasion), devrait être perçu comme le guide de tous les programmes de valeur ajoutée et de la création de produits.

Il est souhaitable d'intégrer aux programmes de R&D l'élaboration d'outils d'aide aux décisions et d'évaluation économique grâce auxquels les agents de recherche et de production pourront caractériser la technologie actuelle et mesurer l'impact de techniques nouvelles; ces outils devront ensuite être intégrés au contrôle des procédés et aux programmes de gestion. Il conviendra de relier étroitement de façon interactive le programme de R&D à un plan de développement de marché (voir ci-dessous) et de veiller à ce qu'il assure des résultats à court terme en même temps qu'il poursuit des objectifs plus ambitieux.

Responsabilités : industrie, associations de l'industrie, fournisseurs de l'industrie, organismes de recherche, gouvernements

2. Renforcer les comités consultatifs existants pour guider la réalisation du programme de R&D de l'industrie

Les comités consultatifs de l'industrie déjà en place jouent le rôle critique de veiller à ce que les programmes de R&D servent au mieux les intérêts de l'industrie, et de faciliter la mise en œuvre des résultats. Même si les institutions de recherche et les universités n'ont aucunement le monopole de l'innovation, elles se trouvent dans le position la plus favorable pour apporter les connaissances fondamentales sans lesquelles les progrès ne peuvent être qu'empiriques et lents. Elles sont en mesure d'aider à élaborer et à implanter les techniques en évolution; elles sont aussi les mieux placées pour explorer et évaluer les percées technologiques.

Les programmes de recherche ont besoin des indications de l'industrie du sciage qu'ils servent, mais ils ont aussi besoin de l'apport des fournisseurs d'équipement, firmes d'ingénierie et autres intervenants. Il faut créer les mécanismes qui permettront à ces partenaires de s'exprimer sans remettre en cause les structures existantes. On devra par ailleurs instituer une veille technologique afin de surveiller les innovations à l'extérieur de l'industrie du bois, et d'identifier les techniques susceptibles d'adaptation.

Les représentants des gouvernements fédéral et provinciaux doivent participer activement aux côtés de l'industrie aux débats des comités, afin que le programme serve leurs objectifs de la manière la plus cohérente possible et qu'il bénéficie d'un financement stable.

La formule « risques partagés / profit partagé » a fait ses preuves dans le cadre des programmes actuels de R&D. Toutefois ces programmes ne sont pas dotés des ressources nécessaires pour établir la faisabilité de techniques novatrices au plan industriel ou préindustriel. Il serait bon que les intervenants étudient les moyens d'étendre la même formule à cette phase essentielle du transfert technologique. Il conviendrait aussi d'identifier des méthodes d'analyse commerciale applicables aux projets de R&D à moyen et à long terme, et de les utiliser pour évaluer et hiérarchiser les initiatives de recherche de l'industrie.

Responsabilité : industrie, associations de l'industrie, organismes de recherche, fournisseurs de l'industrie, gouvernements

3. Continuer à soutenir les activités de R&D de l'industrie

Pour créer les techniques qui assureront la prospérité de l'industrie, et pour aider cette dernière à conserver ou à atteindre le premier rang mondial comme fournisseur de produits de haute valeur, les organismes de recherche, laboratoires de l'industrie et universités doivent pouvoir compter sur le soutien financier direct ou indirect à long terme de l'industrie et des gouvernements. C'est essentiel si l'on veut attirer et garder les chercheurs hautement qualifiés qui sauront obtenir des résultats et les transférer à l'industrie.

L'innovation technologique et la recherche appliquée doivent reposer sur une bonne compréhension des principes en cause, et seule la recherche fondamentale donne accès à cette compréhension. La tendance actuelle, qui voit les universités et les organismes de recherche négliger la recherche fondamentale pour se tourner vers des activités plus lucratives, répond sans aucun doute à une nécessité économique, mais c'est une évolution dangereuse pour l'avenir de la recherche et, indirectement, pour l'industrie canadienne du bois.

Les fonds publics alloués à la recherche ont plus de chances de servir les objectifs de l'industrie et du pays si les différents programmes gouvernementaux sont conçus pour être complémentaires, et si les fonds servent en priorité à financer des programmes multi-partenaires coordonnés qui bénéficient de l'appui de l'industrie. Des réseaux soutenus par le gouvernement, comme le réseau des centres d'excellence, constitueraient un cadre idéal pour le type de partenariat universités-industrie-instituts de recherche envisagé, et contribuerait donc considérablement au progrès technologique de l'industrie et à sa prospérité. Les crédits d'impôt, bourses de recherche et autres formes d'aide financière doivent continuer à encourager l'industrie à innover.

Responsabilité : gouvernements, industrie

RÉSEAU

4. Créer un réseau de sciences et de technologie pour soutenir la réalisation des percées technologiques proposées par le programme, et accélérer les transferts technologiques

Il existe déjà un haut degré de collaboration entre l'industrie, ses organismes de recherche, les universités et les fournisseurs d'équipement ou de services. Il serait souhaitable de renforcer et d'étendre cette collaboration, surtout du côté des fabricants d'équipement et des firmes d'ingénierie, car les innovations qui sortent du laboratoire doivent généralement faire leurs preuves au niveau de l'usine pilote, puis être intégrées à l'équipement en place ou à de nouvelles machines avant que l'industrie puisse en bénéficier. Le réseau doit aussi comprendre des spécialistes de disciplines non traditionnelles (informatique, mathématiques, science des matériaux, chimie des polymères, génie civil, génie mécanique, etc.) sans oublier les experts en économie, en commerce et en marketing.

Un large réseau de cette nature faciliterait l'adoption d'une stratégie de recherche et de développement intégrée mais réaliste; il assurerait aussi la réalisation d'un programme profondément lié à l'innovation technologique, mais aussi aux objectifs commerciaux et à la rentabilité à long terme de l'industrie.

Le Web représente un instrument idéal pour les échanges d'information entre membres du réseau. Il faudrait donc songer à élaborer une stratégie visant à créer des sites spécialement conçus pour communiquer les meilleures techniques disponibles, et à offrir aux utilisateurs des outils puissants (moteurs de recherche spécialisés, etc.) pour exploiter les ressources du Web.

Responsabilités : industrie, organismes de recherche, universités

5. Adopter des méthodes avancées d'étude de marché

Étant donné l'importance qu'attache l'industrie du bois à la diversification de ses marchés, à la valeur ajoutée et à l'exploitation de créneaux, les méthodes d'étude de marché traditionnellement employées pour le bois d'œuvre sont dépassées. L'information commerciale que va rechercher l'industrie ressemble davantage à celle qu'utilise l'industrie des biens de consommation, et c'est dans ce secteur qu'il faudra emprunter des méthodes de recherche permettant de prédire les caractéristiques de produit désirables à partir des tendances économiques, des préférences du consommateur et de la réglementation gouvernementale. Aucune activité de design ne saurait du reste être utile sans une connaissance intime du marché cible. Toute initiative dans ce domaine doit tenir compte du commerce électronique et du potentiel qu'il représente pour l'industrie canadienne du bois.

Il serait utile d'entreprendre une étude systématique des applications non traditionnelles auxquelles pourraient s'intéresser l'industrie et les organismes de recherche, applications pour lesquelles il serait souhaitable de créer de nouveaux produits ou systèmes dans le cadre de la technologie actuelle. L'un des objectifs de cette étude serait de découvrir des applications novatrices susceptibles de diminuer la concurrence entre les divers secteurs de l'industrie, de renforcer la position de l'industrie face à se concurrents, et de maximiser la pénétration de nouveaux marchés.

Responsabilités : associations de l'industrie, organismes de recherche, universités, gouvernements

6. *Informer l'industrie et les groupes de recherche de la situation du marché*

Il semble nécessaire de mieux intégrer les études de marché, la création de produits et de systèmes et les programmes de commercialisation de l'industrie de sorte que tous les intervenants puissent travailler dans le même sens. La meilleure façon de réaliser cette intégration consiste peut-être à étendre aux études de marché le réseau de sciences et de technologie décrit ci-dessus (point 2), et à obtenir la participation des experts en commercialisation de l'industrie aux comités consultatifs décrits au point 3.

Responsabilités : industrie, associations de l'industrie, organismes de recherche, universités, gouvernements

7. *Encourager le développement des fournisseurs canadiens d'équipement, de logiciels et de services*

De toute évidence, pour que l'industrie canadienne du sciage prenne et conserve le premier rang mondial au plan technologique, il faut que ses organismes de recherche fassent preuve de leur supériorité. Il va sans dire qu'elle doit aussi recevoir l'appui de fournisseurs qui soient eux-mêmes au premier plan. En ce qui a trait aux techniques qui voient le jour au Canada, il est crucial de prendre des mesures pour que a) les fournisseurs canadiens (actuels ou potentiels) aient l'occasion d'exploiter les résultats de la recherche et d'en tirer profit, b) l'industrie canadienne du bois bénéficie avant toute autre des nouveautés en matière d'équipement, de logiciels ou de services, et c) le Canada se donne les moyens de devenir un exportateur reconnu de technologie, d'équipement, de logiciels et de services.

Les initiatives des gouvernements et de l'industrie pour faciliter le transfert de la technologie du laboratoire à l'usine (ex. : démonstrations en usine pilote) sont très utiles, mais elles demeurent beaucoup trop timides. Il faudrait aussi envisager de former des grappes d'entreprises complémentaires, capables de conjuguer leurs compétences individuelles pour mettre en œuvre les techniques nouvelles et les commercialiser dans le monde entier.

Des rapports étroits doivent exister entre l'industrie, ses fournisseurs et les chercheurs; comme on l'a vu plus haut, les fournisseurs doivent faire partie du réseau qui étaie le programme de recherche et de développement de l'industrie.

Responsabilités : fournisseurs de l'industrie, organismes de recherche, industrie, gouvernements

ACCÈS AUX MARCHÉS

8. *Exploiter énergiquement les résultats de la recherche au service des produits et systèmes de l'industrie canadienne du bois dans le monde entier, et éliminer toute discrimination qui leur soit préjudiciable*

L'industrie canadienne du sciage dépend énormément de ses exportations, et son expansion future est essentiellement fondée sur un accroissement de la demande extérieure. La situation est la même pour les produits à valeur ajoutée, et notamment les produits et systèmes d'ingénierie, spécialement conçus à l'usage structural. Tout programme de commercialisation à long terme doit donc tenir compte des normes et de la législation régionales ou nationales qui déterminent l'accès aux marchés. En participant à la rédaction de normes internationales (Organisation internationale de normalisation [ISO], Union internationale des organismes de recherche en foresterie [RILEM], etc.), les chercheurs canadiens ont l'occasion de se mériter le respect de leurs pairs pour leurs travaux, mais aussi d'influencer ces normes dans le sens des préférences canadiennes. Il arrive même que certains chercheurs de renom international soient invités à participer à la préparation de normes en pays étranger.

Les chercheurs doivent continuer à fournir un appui scientifique aux activités de normalisation du Canada, des États-Unis, du Japon, de la Chine et des principaux pays importateurs actuels ou potentiels; il s'agit d'un élément prioritaire du programme de R&D de l'industrie, qui doit bénéficier d'un financement suffisant.

Responsabilités : industrie, associations de l'industrie, organismes de recherche, gouvernements

STRATÉGIE DE VALORISATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

9. Orienter la production et la répartition des ressources forestières en fonction d'une plus grande valeur finale et d'un développement durable

Tant dans le secteur du résineux que dans celui du feuillu, les industriels canadiens s'inquiètent de leurs approvisionnements futurs en bois. Dans ce contexte, des mesures gouvernementales visant à attribuer en priorité le bois à ceux qui sont les mieux placés pour en extraire un maximum de valeur auraient probablement pour effet d'encourager une expansion basée sur la technologie, et la création d'emplois de qualité en région rurale.

À long terme, les ressources forestières dont disposera l'industrie seront le produit des décisions et des pratiques actuelles dans le domaine de l'aménagement forestier. Les programmes de recherche ayant pour but d'élucider les corrélations entre les opérations de sylviculture et les caractéristiques futures du bois aideront les ingénieurs forestiers à prendre les bonnes décisions, mais c'est seulement depuis peu que ce genre de recherche bénéficie de l'attention qu'il mérite, et la tâche à accomplir est formidable. En dégageant certains avantages à relativement court terme (opérations d'éclaircie, par exemple), on pourra peut-être convaincre les principaux intervenants de l'urgence d'investissements supplémentaires en ce domaine.

Les études en cours sur les propriétés des bois d'essences secondaires (mélèze, aulne, etc.) doivent se poursuivre afin de déterminer leur aptitude à la fabrication de produits à valeur ajoutée. Il faut également étudier les peupliers et autres essences communément choisies pour les plantations, de manière à guider les experts forestiers dans leur choix de clones susceptibles de donner les propriétés de bois les plus utiles.

La nouvelle norme canadienne sur l'aménagement forestier durable a, elle aussi, pour but d'assurer des approvisionnements suffisants à long terme, et les entreprises qui dépendent directement des ressources forestières devraient être encouragées à se faire certifier dans le cadre de cette norme.

Responsabilités : gouvernements, industrie, organismes de recherche

10. Encourager la deuxième transformation ainsi que la fabrication de spécialités et de produits à valeur ajoutée

Même si les fabricants de bois d'oeuvre parviennent à diversifier leur production et créer de nouvelles familles de produits pour élargir leurs marchés, les grandes usines continueront d'être limitées quant à la souplesse de leur chaîne de production et à leur temps de réaction. Il est cependant possible de multiplier les efforts de l'industrie avec l'aide d'un secteur secondaire vigoureux, capable d'absorber une partie de la production primaire, et de créer des conditions favorables à une haute valeur ajoutée, à l'innovation et à l'emploi. Plusieurs programmes gouvernementaux récemment entrepris ont précisément pour objectif de favoriser l'expansion du secteur de la deuxième transformation grâce à la recherche et aux transferts technologiques. D'autres programmes facilitent la réalisation d'études de marché et la préparation de plans d'exploitation.

Étant donné que les entreprises du secteur secondaire ont tendance à être petites et isolées, elles ne seront pas en mesure de financer individuellement un coûteux programme de R&D; il faut donc trouver les formules qui leur assureront en permanence l'accès à des services de R&D.

Responsabilités : industrie, associations de l'industrie, gouvernements, organismes de recherche

11. ***Proposer des stratégies de soutien pour l'utilisation du design comme véhicule pour la promotion des produits de bois canadiens***

Le design représente le moyen le plus efficace de faire le lien entre les préférences du consommateur et les particularités du produit offert. C'est particulièrement vrai dans l'industrie du meuble et autres secteurs du même genre où la valeur, telle que perçue par le consommateur, est essentiellement déterminée par les attributs fonctionnels ou esthétiques du produit fini. Comme le prouvent depuis de nombreuses années les fabricants de meubles scandinaves et italiens, le design est l'instrument de la valeur ajoutée par excellence, et une reconnaissance internationale du design canadien assurerait au secteur des bois d'apparence un puissant outil pour la promotion de ses produits. Il conviendrait d'encourager des initiatives en ce sens.

En ce qui concerne les bois d'ingénierie, essentiellement utilisés dans le bâtiment, les produits sont agencés en systèmes, et les caractéristiques de performance du système (propriétés architecturales, sécurité incendie, durabilité, intégrité structurale, prix de revient, etc.) importent beaucoup plus que celles de leurs composantes. La forme la plus efficace d'innovation consiste à concevoir le design du système en fonction des critères de rendement souhaités , c'est-à-dire des préférences de l'utilisateur, et à concevoir ensuite les produits de construction les mieux adaptés au système en question. Comme pour les bois d'apparence, le design représente un potentiel considérable en tant qu'instrument de promotion du bois; c'est aussi la méthode la plus efficace pour la création de nouveaux produits d'ingénierie adaptés à la fois aux propriétés de la matière première et aux préférences du client.

Il serait nécessaire d'entreprendre un programme d'envergure pour analyser les facteurs déterminants du design et de la production de systèmes de construction, particulièrement dans le secteur commercial, et pour élaborer les stratégies qui permettront de positionner l'industrie du bois comme le premier fournisseur de systèmes de construction perfectionnés pour les bâtiments de faible et de moyenne hauteur.

Responsabilité : industrie, associations de l'industrie, gouvernement, organismes de recherche, établissements d'enseignement

ENSEIGNEMENT ET FORMATION

12. ***Continuer à renforcer les liens entre l'industrie, ses organismes de recherche, les universités et les collèges pour attirer davantage d'étudiants de haut calibre***

La réalisation du programme de R&D de l'industrie et sa mise en œuvre exigeront des compétences (contrôle des procédés, sciences informatiques, génie industriel, sciences des matériaux, mathématiques, analyses économiques, chimie des polymères, design, études de marché, etc.) que les étudiants n'ont pas coutume d'associer à l'industrie du bois.

Pour remédier à cette situation, il faut créer des programmes coopératifs qui encourageront universités et collèges à offrir des programmes adaptés à l'industrie du bois (autres que les sciences du bois), et pousseront du même coup l'industrie à mesurer les avantages qu'elle pourrait trouver à engager des diplômés de collège ou d'université. En mettant l'accent sur la haute technologie, on attirerait aussi des chercheurs de haut niveau dans les organismes de recherche et chez les fournisseurs de l'industrie (équipement, logiciels, etc.).

Du fait de leur spécialisation dans la recherche appliquée, les organismes de recherche de l'industrie devraient continuer à jouer un rôle essentiel à l'interface entre les établissements d'enseignement et l'industrie. Ils devraient également participer davantage à des projets conjoints permettant aux collèges de se doter d'installations et d'outils à la pointe de la technologie.

Responsabilités : universités et collèges, industrie, organismes de recherche

13. Renforcer les programmes de formation et de perfectionnement

L'itinéraire technologique suggéré dans ce rapport propose de faire de la technologie l'élément déterminant de la prospérité de l'industrie. C'est une vision qui laisse entrevoir une industrie hautement automatisée, et il est indéniable que cela fait partie du plan; mais même les usines automatisées ont besoin de personnel pour fonctionner, et l'introduction rapide d'une culture de la technologie exige le soutien du personnel et de la direction. Pour que la technologie soit bien reçue, l'industrie doit prendre l'initiative de programmes conçus pour intégrer les employés au progrès technologique (apprentissage collectif, services de soutien, responsabilisation, incitatifs à l'innovation, etc.). Par le biais de programmes d'apprentissage ou autres formes de certification, l'industrie peut offrir des cours de formation et de perfectionnement pour l'acquisition de compétences en matière de contrôle informatisé des procédés, de simulation des procédés ou autres.

La formation et l'adoption d'attitudes positives bénéficieront d'outils informatiques conçus pour simuler les procédés de fabrication, pour évaluer l'effet des décisions sur les coûts, la qualité, etc., et pour illustrer les avantages des techniques nouvelles.

Il serait souhaitable de prévoir le transfert de matériel d'enseignement par le Web, en plus des disques compacts, de bandes vidéo et de téléconférences.

La mise sur pied de partenariats faciliterait l'élaboration des outils d'aide aux décisions et des systèmes experts nécessaires aux transferts technologiques vers les entreprises plus petites, notamment dans les secteurs de la valeur ajoutée.

Finalement, la formation et l'enseignement n'atteindront le but recherché que si les éducateurs eux-mêmes se tiennent à la pointe de la technologie. Les associations de l'industrie du bois peuvent jouer un rôle clé à ce point de vue en transférant les nouveaux concepts aux établissements d'enseignement, et en mettant l'accent sur le perfectionnement du savoir des éducateurs.

Responsabilités : industrie, organismes de recherche, collèges, associations de l'industrie

14. Informer prescripteurs et utilisateurs de l'évolution de la technologie

Les nouvelles caractéristiques de produit n'auront pas grand impact sur les ventes ou sur les objectifs visés à moins que l'industrie ne les fasse connaître clairement et promptement à ceux qui prennent les décisions comme au grand public. Cette responsabilité incombe aux associations de l'industrie, et elles auront besoin de ressources supplémentaires à mesure que les gammes de produits se diversifient et que les caractéristiques de produit gagnent en complexité.

Les normes adoptées par consensus donnent généralement l'occasion aux producteurs, aux utilisateurs et aux chercheurs de travailler de concert et de s'instruire mutuellement. Il conviendrait d'encourager fermement le personnel de recherche et de production à participer à ce genre d'activité.

La participation au réseau proposé de certaines catégories de prescripteurs et d'utilisateurs les aiderait aussi à se tenir au courant de l'évolution de la technologie, tout en leur donnant l'occasion d'apporter leurs précieux commentaires.

Responsabilités : industrie, associations de l'industrie, organismes de recherche

En guise de conclusion...

L'un des objectifs de ce rapport était de susciter un débat dans l'industrie canadienne du sciage, y compris le secteur dynamique de la deuxième transformation, en faisant intervenir ses fournisseurs, organismes de recherche et associations, les universités et les gouvernements. La méthode adoptée pour la préparation du rapport a déjà eu pour effet de conscientiser les divers intervenants aux questions qui pèsent sur l'avenir de l'industrie. Une fois publié, le rapport devrait servir de base à la poursuite des débats et à l'élaboration de plans d'action pour l'ensemble du pays, les différentes régions et les différents secteurs.

Les intervenants pourraient enfin envisager de faire de ce rapport un document vivant qui permettrait de mesurer les progrès accomplis, d'adapter les objectifs et de fixer de nouveaux buts.